

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πάτρας

Τμήμα Μηχανολογίας

« Πτυχιακή Εργασία »

Γενική Χημεία Πλαστικών

Διαδικασία Κατασκευής Πλαστικών Φιλμ Συσκευασίας



Συμμετέχοντες Σπουδαστές : Δήμου Ιωάννης
Καρβέλης Στέφανος
Μεσολογγίτης Αθανάσιος

Υπεύθυνη Καθηγήτρια : Νταλκαράνη Θεοδώρα

ΠΑΤΡΑ 2001

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	3165
----------------------	------

ΤΜΗΜΑ ΠΡΩΤΟΝ

ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Εισαγωγή

1. Η βιομηχανία πετρελαίου - Διυλιστήρια

- 1.1 Το πετρέλαιο
- 1.2 Σύσταση του πετρελαίου
- 1.3 Προέλευση των πετρελαίων

2. Διυλιστήρια πετρελαίου (Refining Plants)

- 2.1 Εξευγενισμός (Διύλιση του πετρελαίου)
- 2.2 Προκάθαρση και κλασματική απόσταξη
- 2.3 Επεξεργασία τροποποίησης της σύστασης των διαφόρων κλασμάτων πετρελαίου

3. Παραγωγή ορυκτελαίων , λιπαντικών , παραφινών και ασφάλτου

- 3.1 Αξιοποίηση υπολειμμάτων πρωτογενούς απόσταξης
- 3.2 Αποκύρωση

4. Πρώτες ύλες για τη παραγωγή των πετροχημικών

- 4.1 Τα κυριότερα πετροχημικά
- 4.2 Η Ελληνική παραγωγή πετροχημικών

5. Πολυμερή υλικά

- 5.1 Ιστορία - Έννοια πολυμερών
- 5.2 Η έννοια του μακρομορίου - μακρομόριο και χαρακτηριστικά μεγέθη
- 5.3 Πολυμερισμός (polymerization)
- 5.4 Δομή πολυμερών
 - 5.4.1 Ατομική διευθέτηση στα πολυμερή
 - 5.4.1.1 Ατομικοί δεσμοί
 - 5.4.1.2 Σχηματισμός αλυσίδας πολυμερούς
 - 5.4.2 Μικροδομή πολυμερών
 - 5.4.2.1 Άμορφα πολυμερή
 - 5.4.2.2 Κρυσταλλικά πολυμερή
 - 5.4.2.3 Παράγοντες που επιδρούν στη κρυσταλλικότητα των πολυμερών
- 5.5 Ταξινόμηση των πολυμερών
- 5.6 Ιδιότητες των πολυμερών
 - 5.6.1 Φυσικές ιδιότητες πολυμερών
 - 5.6.1.1 Πυκνότητα πολυμερών
 - 5.6.1.2 Θερμικές ιδιότητες πολυμερών
 - 5.6.1.3 Ηλεκτρικές ιδιότητες
 - 5.6.1.4 Οπτικές ιδιότητες
 - 5.6.2 Μηχανικές ιδιότητες πολυμερών
 - 5.6.2.1. Ελαστική συμπεριφορά πολυμερών

- 5.6.2.2. Αντοχή σε θραύση των πολυμερών
- 5.6.2.3. Ιξωδοελαστικότητα θερμοπλαστικών (viscoelasticity)
- 5.6.2.4. Ερπυσμός και αντοχή σε κρούση πολυμερών
- 5.6.2.5. Τριβή - Φθορά (friction , abrasion-wear)
- 5.6.2.6 Χαλάρωση τάσεων (stress relaxation)
- 5.6.2.7. Μηχανική συμπεριφορά αφρωδών πολυμερών υλικών
- 5.6.3 Πίνακας ιδιοτήτων
- 5.7. Αποσύνθεση ή γήρανση πολυμερών (degradation or ageing)
- 5.7.1. Φυσική αποσύνθεση
- 5.7.2 Χημική αποσύνθεση
- 5.7.3. θερμική αποσύνθεση
- 5.7.4. Μικροβιακή αποσύνθεση ή βιοχημική γήρανση

6. Μορφοποίηση πολυμερών (processing of polymers)

- 6.1. Εισαγωγή
- 6.2. Χαρακτηριστικά των προσθέτων
- 6.3. Ενσωμάτωση προσθέτων
- 6.4. Μορφοποίηση θερμοπλαστικών πολυμερών
- 6.5 Μορφοποίηση θερμοσκυρηνόμενων πολυμερών & ελαστομερών
- 6.6. Ελαττώματα προϊόντων μορφοποίησης μέσω τήγματος
- 6.7. Παραγωγή αφρωδών πολυμερών
- 6.8. Τεχνικές σύνδεσης πολυμερών

ΤΜΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΦΙΛΜ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Εισαγωγή

1. Γιατί πλαστικό και όχι κάτι άλλο

- 1.1. Έννοια πλαστικών συσκευασίας
- 1.2. Αναφορά στα υλικά που χρησιμοποιούνται στα πλαστικά συσκευασίας
- 1.3. Αναφορά στο υλικό που συναντήσαμε να χρησιμοποιείται

2. Διοίκηση

- 2.1. Διαφήμιση
- 2.2. Διαμόρφωση παραγγελιών
- 2.3. Παραγγελία πρώτων υλών
- 2.4. Αποστολή παραγγελιών στους πελάτες

3. Επεξεργασία πρώτης ύλης

- 3.1. Παραγωγή πλαστικού φιλμ συσκευασίας με τη μέθοδο της εκβολής
- 3.2. Περιγραφή του κοιλία του extruder
- 3.3. Ο εκβολέας (κεφαλή, κινητήρας, έλεγχος θερμοκρασίας, ικανότητα παραγωγής)
- 3.4. Η κεφαλή του extruder , αντάπτορας και φίλτρο κεφαλής .
- 3.5. Ψύξη του παραχθέντος πλαστικού φιλμ .
- 3.6. Ύψος εξόλκευσης και συσκευές κατά αυτό .

- 3.7. Κύλινδροι εξόλκευσης .
- 3.8. Συσκευές μετά από τους κυλίνδρους εξόλκευσης
- 3.9 Ανάμειξη
- 3.10 Ποιοτικός έλεγχος

4. Εκτύπωση πλαστικών φιλμ συσκευασίας

- 4.1 Διαδικασία εκτύπωσης πλαστικού φιλμ συσκευασίας
- 4.2 Περιγραφή τυπογραφικής μηχανής

5. Τμήμα κοπτικών μηχανών

- 5.1 Περιγραφή κοπτικών μηχανών

6. Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας

- 6.1. Θεσμοί με σκοπό την βελτίωση των συνθηκών εργασίας στην επιχείρηση
- 6.2. Κτιριολογικές προδιαγραφές
- 6.3. Κριτήρια διαμόρφωσης χώρων και θέσεων εργασίας
- 6.4. Πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου από μηχανές
- 6.5. Προστασία από φυσικούς , χημικούς και βιολογικούς παράγοντες
- 6.6. Σύντομες οδηγίες προστασίας και ασφάλειας στην εργασία

Πρόλογος

Υπάρχουν αγαθά τα οποία συναντάμε καθημερινά, τους δίνουμε ελάχιστη προσοχή, θεωρούνται δεδομένα και άνευ σημασίας, μα είναι απαραίτητα γιατί μας κάνουν τη ζωή καλύτερη.

Για να φτάσουν όμως στα χέρια μας έχουν προηγηθεί πολλές ώρες μελετών, κατασκευή ειδικών μηχανημάτων και εργασία ανθρώπων για τη παραγωγή τους. Δεν είναι ένα αυτό στο οποίο αναφερόμαστε, μάλλον είναι χιλιάδες αυτά τα αγαθά και αξίζουν τη προσοχή μας.

Σταθήκαμε στα πλαστικά συσκευασίας, το πόσο ωφέλιμα είναι στη ζωή μας είναι στη κρίση του καθ' ενός από εμάς, αρκεί απλά να αφαιρέσουμε το περιτύλιγμα από όλα σχεδόν τα αγαθά που καθημερινά καταναλώνουμε.

Στην εργασία μας επιχειρούμε με μία λογική σειρά να φτάσουμε από την αρχική ύλη στο τελικό προϊόν που φτάνει στα χέρια μας.

Υπάρχει όμως η εξής ιδιαιτερότητα, δεν αποτελεί μόνο συλλογή στοιχείων από άλλα βιβλία αλλά και συγγραφή πρακτικής επαφής με μία σύγχρονη βιομηχανική μονάδα παραγωγής πλαστικών συσκευασίας.

Προκαταβολικά θα θέλαμε να ζητήσουμε τη κατανόηση του αναγνώστη για τυχόν λάθη που θα εντοπίσει.

ΤΜΗΜΑ ΠΡΩΤΟΝ ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Εισαγωγή

Στο τμήμα αυτό της εργασίας μας θα ασχοληθούμε με τη γενική χημεία των πλαστικών συσκευασίας .

Πιο απλά πρόκειται να δούμε από πιο υλικό κατασκευάζονται τα πλαστικά φιλμ συσκευασίας αλλά πιο πριν θα δούμε και από πού προέρχεται το υλικό αυτό.

Φυσικά σε αυτή την αναφορά μας θα δώσουμε και τη χημική σύσταση του κάθε υλικού που θα συναντάμε .

Έτσι λοιπόν ξεκινάμε από το πετρέλαιο για το οποίο κρίναμε πως εφόσον από αυτό προέρχονται όλα τα υλικά τα οποία τελικώς χρησιμοποιούμε θα πρέπει να το παρουσιάσουμε αναλυτικά.

1. Η βιομηχανία πετρελαίου - Διυλιστήρια

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε όσα αφορούν το πετρέλαιο μέχρι το σημείο που θα αναφέρουμε τα διάφορα υποπροϊόντα του πετρελαίου που προέρχονται από τη διύλιση και από όπου εμείς θα απομονώσουμε αυτό που μας ενδιαφέρει.

1.1 Το πετρέλαιο

Το πετρέλαιο είναι μία από τις σημαντικότερες πρώτες ύλες τόσο για την παραγωγή ενέργειας όσο και για τον μετασχηματισμό του σε σειρά ολόκληρων πολύτιμων πρώτων υλών, μέσω των οποίων τροφοδοτείται η αλματωδώς αναπτυσσόμενη χημική βιομηχανία.

Η βιομηχανία πετρελαίου γενικώς μπορεί να θεωρηθεί μια από τις μεγαλύτερες και πολυπλοκότερες βιομηχανίες του κόσμου η οποία αποτελεί επένδυση τεραστίων κεφαλαίων.

Ενδεικτικά μόνο αναφέρουμε κάποια στατιστικά στοιχεία από τη δεκαετία του 1970 τα νούμερα σήμερα φαντάζεσθε σε ποιο σημείο έχουν φτάσει.

Στο τέλος του έτους 1970, το επενδεδυμένο στην πετρελαιοβιομηχανία κεφάλαιο υπολογιζόταν σε 205.850 εκατομμύρια, δολάρια ($20,6 * 10^{10}$ \$).

Το ήμισυ του ανωτέρω ποσού έχει αναλωθεί στις Η.Π.Α. , όπου το επενδεδυμένο κεφάλαιο στην βιομηχανία πετρελαίου υπερβαίνει κατά 4,5 φορές το αντίστοιχο σε όλες τις άλλες βιομηχανίες .

Κατά την δεκαετία μόνον 1965-1974 έγιναν παγκοσμίως επενδύσεις στην πετρελαιοβιομηχανία ύψους μεγαλύτερου των 235.000 εκατομμυρίων δολαρίων .

Οι επενδύσεις κατά το έτος 1974 ήσαν μεγαλύτερες από αυτές του έτους 1971 κατά 100% .

Οι επενδύσεις αυτές αντιμετωπίζονται από τα κέρδη των εταιρειών (33%) , από τα αποθεματικά , τις αποσβέσεις (50%) , και το υπόλοιπο μέσω δανεισμού .

Οι επτά μεγαλύτερες εταιρείες πετρελαιοειδών του κόσμου είναι οι Exxon (Η.Π.Α.), Shell (Ολλανδική), Texaco (Η.Π.Α.), Gulf (Η.Π.Α.), Mobil (Η.Π.Α.), Standard (Η.Π.Α.) και η British Petroleum (Αγγλική).

Μπορεί να προβλεφθεί ότι κατά τα προσεχή έτη λόγω της ανάπτυξης και αξιοποίησης νέων ενεργειακών πηγών όπως των φυσικών αερίων, της ατομικής και της ηλιακής ενέργειας, ενδεχομένως δε και της αιολικής, συνεχώς μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου θα τροφοδοτούν την χημική βιομηχανία και μικρότερες ποσότητες θα καταναλώνονται υπό μορφή καυσίμων.

Ως γνωστόν, η κατά κεφαλήν κατανάλωση πετρελαίου και πετρελαιοειδών συνιστούν δείκτη της οικονομικής ευημερίας μιας χώρας.

1.2 Σύσταση του πετρελαίου

Το φυσικό (ή αργό) πετρέλαιο (crude oil), το οποίο λαμβάνεται ή μπορεί να ληφθεί από την γη σε υγρή κατάσταση, καθορίζεται ως μίγμα αποτελούμενο κυρίως από υδρογονάνθρακες και σε μικρές ποσότητες από οργανικές ενώσεις οι οποίες έχουν στο μόριό τους οξυγόνο, θείο και άζωτο.

Οι υδρογονάνθρακες που αποτελούν το πετρέλαιο ανήκουν στους κεκορεσμένους, στους ακόρεστους, στους αλεικυκλικούς (ναφθένια) και στους αρωματικούς.

Υδρογονάνθρακες που συναντούνται στο φυσικό πετρέλαιο	
C_vH_{2v+2}	C_vH_{2v-8}
C_vH_{2v}	C_vH_{2v-10}
C_vH_{2v-2}	C_vH_{2v-12}
C_vH_{2v-4}	C_vH_{2v-14}
C_vH_{2v-6}	

(Πίνακας1)

Σε 3.000 περίπου υπολογίζονται τα διάφορα συστατικά του αργού πετρελαίου, το μοριακό βάρος των οποίων κυμαίνεται από 16 έως 1000 περίπου.

Στο αργό πετρέλαιο βρίσκονται τόσο αέρια προϊόντα (μεθάνιο) όσο και στερεές παραφίνες, των οποίων το μόριο περιέχει πάνω από τριάντα άτομα άνθρακα.

Συνήθως η ποσότητα των οξυγονούχων ενώσεων υπό μορφή κυρίως οργανικών οξέων και φαινολών είναι μικρή.

Σχεδόν όλα τα πετρέλαια περιέχουν θείο και άζωτο. Σπανίως η περιεκτικότητα σε θείο υπερβαίνει τα όρια του 0,5 % έως 2%, ενώ σε άζωτο το 1%.

Παρόλα αυτά, σε πολλές περιπτώσεις καθίσταται αναγκαία κατά τα στάδια εξευγενισμού του πετρελαίου η απομάκρυνση των θειούχων κυρίως ενώσεων, διότι αυτές προκαλούν διάβρωση, δυσσομία και δηλητηρίαση των καταλυτών οι οποίοι χρησιμοποιούνται κατά τις περαιτέρω επεξεργασίες εξευγενισμού.

Η θερμογόνος δύναμη του αργού πετρελαίου κυμαίνεται γύρω στα 10.000 kcal/kg, έναντι 1000 έως 3000 kcal/kg των ανθράκων.

Η μεγαλύτερη θερμογόνος δύναμη οφείλεται στην πολύ μικρή περιεκτικότητα του πετρελαίου σε οξυγόνο, υγρασία και συστατικά τα οποία δημιουργούν τέφρα.

Η διάκριση των πετρελαίων βασίζεται στην σύσταση τους.

Δεδομένου ότι το πετρέλαιο αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες κεκορεσμένων παραφινών του τύπου C_xH_{2x+2} , αλεικυκλικών ή κυκλοπαραφινών του τύπου C_xH_{2x} , οι οποίες ονομάζονται ναφθένια καθώς και αρωματικών υδρογονανθράκων του τύπου C_xH_x , γι' αυτό το λόγο χαρακτηρίζεται ως παραφινικής, ναφθενικής ή αρωματικής βάσεως αναλόγως του πλεονάζοντος είδους των παραπάνω υδρογονανθράκων.

Πολλά αμερικανικά για παράδειγμα πετρέλαια (Πενσυλβάνιας) αποτελούνται κυρίως από κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες, είναι δηλαδή παραφινικής βάσεως, ενώ τα ρωσικά πετρέλαια περιέχουν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80% ναφθένια.

Τα ρουμανικά και τα πετρέλαια της Γαλλίας έχουν σύνθεση ενδιάμεση μεταξύ των αμερικανικών και ρωσικών πετρελαίων και χαρακτηρίζονται ως μικτής βάσεως.

Ο πίνακας 2 δίνει κατά προσέγγιση τα συστατικά των κυριότερων κατηγοριών αργού πετρελαίου.

Χημική Σύσταση	Παραφινικά %	Μικτά %	Ναφθενικά %	Αρωματικά %
Παραφίνες	45~97	25~79	15~60	2~28
Ναφθένια	2~31	12~45	38~79	35~78
Αρωματικοί υδρογονάνθρακες	3~31	3~29	3~24	30~48

(Πίνακας 2)

1.3 Προέλευση των πετρελαίων

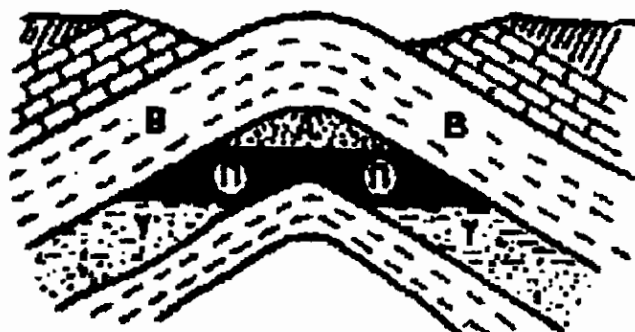
Υπάρχουν πολλές θεωρίες, οι οποίες επιχειρούν την εξήγηση της δημιουργίας των φυσικών πετρελαίων, αλλά συγχρόνως και ισάριθμες διαφωνίες ως προς την ορθότητα τους.

Σε γενικές γραμμές, οι διάφορες θεωρίες θα ήταν δυνατό να συνοψισθούν σε

α) Τις θεωρίες οι οποίες υποστηρίζουν ότι το πετρέλαιο παρήχθηκε χωρίς την βοήθεια ζώντων οργανισμών κατά την διάρκεια των μεγάλων γεωλογικών μεταβολών (ηφαιστειογενείς ή ανόργανες θεωρίες).

β) Τις οργανικές θεωρίες, κατά τις οποίες το πετρέλαιο παρήχθηκε από την αποσύνθεση τεραστίων ποσοτήτων θαλασσίων οργανισμών (ιχθύων, φυκιών), οι οποίοι κατεχώθησαν σε αμμώδεις ή αργιλώδεις εκτάσεις κάτω από το νερό λιμνών ή θαλασσών έτσι υπό περιορισμένη ποσότητα οξυγόνου, την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων, συνέβησαν διάφορες πυρολυτικές αντιδράσεις, των οποίων, κατά πάσα πιθανότητα, προηγήθηκαν διάφορες πολύπλοκες βιοχημικές δράσεις.

Κατ' αυτό τον τρόπο, δημιουργήθηκε το εξαιρετικά πολύπλοκο μίγμα οργανικών ουσιών, οι οποίες συνιστούν το πετρέλαιο.



Σχήμα 1 : Φαίνεται μία μορφή στην οποία βρίσκουμε κοιτάσματα πετρελαίου . A : Αέριο , Π : Πετρέλαιο , Υ : Ύδωρ , B : Αδιαπέραστο στρώμα

Το πετρέλαιο , ως ρευστό , μετακινείται μέσω των πόρων του εδάφους , μέχρις ότου εγκλωβισθεί μεταξύ αφ' ενός αδιαπέραστου άνωθεν στρώματος , το οποίο παρεμποδίζει τη διαφυγή του , και αφ' ετέρου γεωλογικής διάταξης τέτοιας , ώστε το υγρό να συγκλίνει από τις μεγάλες περιφέρειες προς μια μικρή σχετικά λεκάνη χαρακτηριζόμενη ως αντίκλινο , όπου συλλέγεται με γεώτρηση .

2. Διυλιστήρια πετρελαίου (Refining Plants)

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρακολουθήσουμε την διαδικασία διύλισης του πετρελαίου και πώς από αυτή προκύπτουν τα διάφορα κλάσματα - αποστάγματα - υποπροϊόντα του πετρελαίου .

2.1 Εξευγενισμός (Διύλιση του πετρελαίου)

Το πετρέλαιο , όπως ήδη αναφέραμε , είναι εξαιρετικά πολύπλοκο μίγμα οργανικών ουσιών , αποτελούμενο κυρίως από υδρογονάνθρακες , των οποίων το σημείο ζέσεως κυμαίνεται από 160 βαθμούς υπό το μηδέν έως και τους 300 βαθμούς υπεράνω του μηδενός .

Συγχρόνως στο πετρέλαιο υπάρχουν σε μικρά ποσοστά θειούχες , αζωτούχες και άλλες οργανικές ενώσεις , των οποίων η παρουσία στα τελικά προϊόντα θα είχε εξαιρετικά δυσμενείς επιπτώσεις .

Έτσι το αργό πετρέλαιο προκειμένου να μετατραπεί σε εμπορεύσιμα προϊόντα έχει ανάγκη αφ' ενός καθάρσεως (εξευγενισμός , refining) , αφ' ετέρου διαχωρισμού με απόσταξη στα διάφορα κλάσματα τα οποία έχουν σημείο ζέσεως κυμαινόμενο εντός μικρών ορίων , δηλαδή , διαχωρισμού σε προϊόντα αέρια και υγρά , χαμηλού , μέσου και υψηλού σημείου ζέσεως .

Τέλος , όπως θα δούμε παρακάτω , λόγω των σημερινών τεχνολογικών απαιτήσεων καθίσταται αναγκαία και η μετατροπή του χαρακτήρα ορισμένων κλασμάτων του πετρελαίου .

Το μεγαλύτερο μέρος από τις παραπάνω επεξεργασίες πραγματοποιούνται στα ονομαζόμενα διυλιστήρια πετρελαίου (refining plants) .

Κατά το έτος 1975 η παγκόσμια ικανότητα διύλισης πετρελαίου (ημερησίως) ανήλθε σε 70 εκατομμύρια B/D , ήτοι σε 3,5 δισεκατομμύρια , τόνους ετησίως .

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι κατά το έτος 1975 η ποσότητα αυτή αυξήθηκε κατά 7 εκατομμύρια B/D έναντι του 1974 .

Προς επίτευξη της διυλίσεως , ώστε να ληφθούν προϊόντα κατάλληλα για τις ποικίλες σημερινές απαιτήσεις , είναι αναγκαία η εφαρμογή των πλέον σύγχρονων τεχνολογικών μεθόδων .

Σε ένα διυλιστήριο πετρελαίου εφαρμόζονται σχεδόν όλες οι αναπτυχθείσες βασικές βιομηχανικές λειτουργίες (Unit operations) και κυρίως της θερμοεναλλαγής και της μεταφοράς ρευστών .

Το μήκος των σωληνώσεων ενός διυλιστηρίου υπερβαίνει συνήθως τα 600 χιλιόμετρα.

Η κατάρτιση εξ'άλλου επακριβών ισοζυγίων υλικών και ενέργειας ενέχει για την κανονική λειτουργία του διυλιστηρίου εξίσου μεγάλη σημασία με τις μεθόδους οργανώσεως και αυτοματισμού του .

Τα διυλιστήρια πετρελαίου εγκαθίστανται συνήθως κοντά σε ακτές , διαθέτουν λιμενικές εγκαταστάσεις και αντλιοστάσια παραλαβής της πρώτης ύλης και παράδοσης των προϊόντων της παραγωγής τους .

Τα κυριότερα τμήματα ενός πλήρους συγκροτήματος είναι :

α) Αποθηκευτικές δεξαμενές πρώτης ύλης (αργού πετρελαίου) και προϊόντων παραγωγής

β) Μονάδα προκαθορισμού και αποστάξεως της πρώτης ύλης , υπό ατμοσφαιρική πίεση

γ) Μονάδα δευτερογενούς απόσταξης

δ) Μονάδες επεξεργασιών για την τροποποίηση της σύστασης των διαφόρων κλασμάτων όπως πυρόλυσης , ανασχηματισμού (reforming) , ισομερισμού , υδρογόνωσης

ε) Μονάδα απόσταξης υπό κενό των υψηλού σημείου ζέσεως (βαρέων) κλασμάτων (για παραγωγή λιπαντικών κυρίως)

στ) Μονάδα απασφάλτωσης και αποκήρωσης δι' εκλεκτικής εκχυλίσεως δι' ειδικών διαλυτών (για παραγωγή λιπαντικών)

ζ) Μονάδα ανάμιξης και τυποποίησης προϊόντων

η) Βοηθητικές μονάδες όπως : παραγωγής ατμού (λεβητοστάσια) , καθαρισμού και ψύξεως του νερού (αντλιοστάσια κ.λ.π.)

θ) Μονάδες καθαρισμού των αποβλήτων και λυμάτων του διυλιστηρίου

2.2 Προκάθαρση και κλασματική απόσταξη

Τα στάδια πρωτογενούς εξευγενισμού του φυσικού πετρελαίου συνήθως περιλαμβάνουν τις εξής φάσεις :

Διαχωρισμός των αερίων συστατικών (δηλαδή των συστατικών με χαμηλά σημεία ζέσεως) , τα οποία βρίσκονται υπό διάλυση στο πετρέλαιο , λόγω της επικρατούσας πίεσης εντός της πετρελαιοπηγής .

Αυτός ο διαχωρισμός πραγματοποιείται μέσω της διόδου του πετρελαίου σε διαχωριστή ελαίου-αερίων.

Συγχρόνως μέσω της επεξεργασίας αυτής απομακρύνεται ο κονιορτός και η υγρασία . Συνήθως προηγείται έκπλυση με νερό για την απομάκρυνση συμπαρομαρτούντων αλάτων προερχόμενων από την πετρελαιοπηγή .

Επειδή συνήθως δημιουργείται γαλάκτωμα του πετρελαίου μετά του νερού , το μίγμα διοχετεύεται σε συσκευή , όπου υφίσταται ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο.

Με το ηλεκτρικό πεδίο κροκιδώνονται τα κολλοειδή που προκαλούν την γαλακτωματοποίηση και αποχωρίζεται το πετρέλαιο .

Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια , για αυτή την εργασία ανέρχεται σε 0,2 έως 0,5 kWh ανά τόνο επεξεργαζόμενου αργού πετρελαίου .

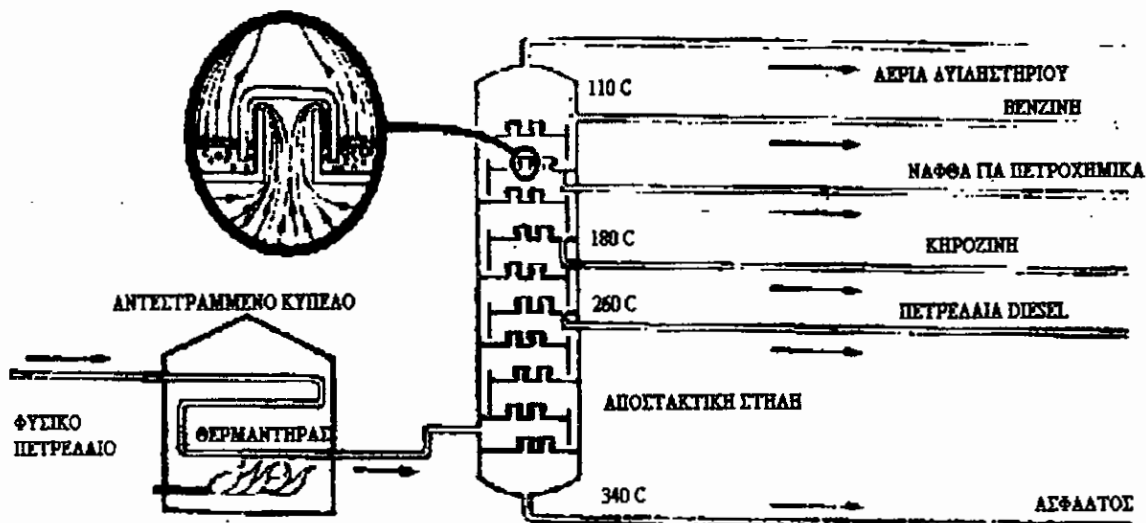
Τα κυρίως διαχωριζόμενα αέρια συστατικά αποτελούνται από μεθάνιο , αιθάνιο , προπάνιο και βουτάνιο .

Αυτά μετά από τον καθαρισμό , είτε διοχετεύονται μέσω του τυχόν υπάρχοντος δικτύου φωταερίου ή φυσικών αερίων , είτε αφού απομακρυνθεί το μεθάνιο και αιθάνιο , υγροποιούνται και διατίθενται στην κατανάλωση (υγραέρια) .

Από την συσκευή απαερίωσης το πετρέλαιο οδηγείται στις στήλες κλασματικής απόσταξης , όπου πραγματοποιείται η πρωτογενής , υπό ατμοσφαιρική πίεση , κλασμάτωσή του .

Οι στήλες κλασμάτωσης συνεχούς λειτουργίας είναι συνήθως του τύπου δίσκων με ανεστραμμένους κώδωνες , το δε προς απόσταξη προϊόν , αφού προθερμανθεί περίπου στους 160°C έως 300°C , εισάγεται σε ένα ορισμένο σημείο (συνήθως στο 1/3 του ύψους από την βάση της στήλης) και αρχίζει ή κλασμάτωση .

Τα ελαφρά κλάσματα , δηλαδή τα κλάσματα με το χαμηλότερο σημείο ζέσεως , συλλέγονται στο υψηλότερο σημείο της στήλης , τα δε μεσαία στα ενδιάμεσα.



Σχήμα 2 : Κύρια προϊόντα διύλισης του πετρελαίου κατά τη κλασματική απόσταξη του εντός στήλης .

Στο κατώτατο σημείο της στήλης συλλέγεται το μη αποσταζόμενο υπό αυτές τις συνθήκες υπόλειμμα το οποίο χαρακτηρίζεται ως Fuel oil (μαζούτ, topped crude) . Τα αρχικά κλάσματα λαμβανόμενα από τα διάφορα σημεία της στήλης , (Primary or straight one fractions) , αφού καθαρισθούν με χημική μέθοδο , οδηγούνται είτε ως έχουν στην κατανάλωση είτε προωθούνται στα διάφορα τμήματα περαιτέρω επεξεργασιών του διυλιστηρίου .

Τα διάφορα αρχικά κλάσματα ταξινομούνται συναρτήσει του σημείου ζέσεως σε :

α) Διάφορα κλάσματα βενζίνης (ελαφριά , μέση , βαρέα βενζίνη) συναρτήσεως των ορίων απόσταξης.

Αυτά αποτελούνται από υδρογονάνθρακες του τύπου $C_4 - C_{10}$ και σημείων ζέσεως από 300°C έως 220°C τα οποία υπάρχουν στο εμπόριο με τα ονόματα : Gasoline , benzene , motor spirit .

β) Νάφθα , με το όνομα αυτό φέρεται ενδιάμεσο μεταξύ βενζίνης και κηροζίνης κλάσμα χρησιμοποιούμενο είτε κατόπιν αναμόρφωσης ως βενζίνη είτε κυρίως για την παραγωγή πετροχημικών . Με τη νάφθα θα ασχοληθούμε πολύ περισσότερο στη συνέχεια γιατί αυτή μας δίνει τη πρώτη ύλη που χρησιμοποιούμε στα πλαστικά συσκευασίας

γ) Κηροζίνη (φωτιστικό πετρέλαιο) (όρια αποστάξεως 160°C έως 300C)

δ) Ελαφρά , μέσα και βαρέα αερίαια (Gas oil) (όρια αποστάξεως 180°C έως 340°C).

Χρησιμοποιούνται κυρίως ως πετρέλαια εσωτερικής καύσεως (Diesel) .

Το όνομα αερίαια οφείλεται στο γεγονός ότι το παραπάνω κλάσμα χρησιμοποιείται επίσης για την παραγωγή αερίου καυσίμου προς εμπλουτισμό του υδαταερίου ή του φωταερίου.

ε) Υπόλειμμα , του οποίου έχουν αφαιρεθεί τα πτητικά συστατικά (topped crude) ή πετρέλαιο εξωτερικής καύσεως με τα ονόματα majout ή fuel oil.

Το υπόλειμμα αυτό είτε καταναλώνεται ως πετρέλαιο εξωτερικής καύσεως μόνο ή με ανάμιξη με έτερα υπολείμματα και προϊόντα του διυλιστηρίου είτε υφίσταται τις περαιτέρω επεξεργασίες μετατροπής του σε βενζίνη και κοκ (π.χ. κοκ από πετρέλαιο), το οποίο υπό μορφή ηλεκτροδίων χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή αλουμινίου. Σημαντικές ποσότητες από τα ανωτέρω υπολείμματα αποστάζονται μεθ' υδρατμών υπό κενό , προς παραγωγή των ορυκτελαίων , των λιπαντικών προϊόντων και της πίσσας (ασφάλτου) .

Σ' αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί , ότι το ακολουθούμενο από κάθε διυλιστήριο διάγραμμα λειτουργίας είναι ιδιαίτερο και εξαρτάται από την ποιότητα της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης και τις ιδιορρυθμίες ζήτησης της αγοράς στην οποία διατίθενται τα προϊόντα διύλισης .

2.3 Επεξεργασία τροποποίησης της σύστασης των διαφόρων κλασμάτων πετρελαίου

Το μεγαλύτερο ποσοστό από τα κλάσματα του αργού πετρελαίου καταναλίσκεται είτε ως καύσιμο (85%) (Diesel , μαζούτ) , είτε για την κίνηση αυτοκινήτων , αεροπλάνων κ.λ.π .

Η ζήτηση όμως των διαφόρων κλασμάτων του διυλιστηρίου δεν συμπίπτει με τις ενεχόμενες σε αργό πετρέλαιο ποσότητες .

Έτσι για παράδειγμα , στην Δ. Ευρώπη καταναλισκόμενο πετρέλαιο εξωτερικής καύσεως (Μαζούτ ή fuel oil) ανέρχεται σε 33% έως 40% του συνόλου των αναλισκόμενων πετρελαιοειδών , ενώ στις Η.Π.Α. ή ποσότητα αυτή είναι μόνο 14% , λόγω της σε εκτεταμένη κλίμακα χρησιμοποιήσεως από την βιομηχανία ως ενεργειακής πηγής των φυσικών αερίων .

Έτσι , είτε διότι σε ορισμένες χώρες η ζήτηση των ελαφρών κλασμάτων , τα οποία συνιστούν και τα σε μικρότερη σχετικά αναλογία συστατικά του αργού πετρελαίου , είναι κατά πολύ μεγαλύτερα της ζήτησης των βαρύτερων κλασμάτων και των διαφόρων υπολειμμάτων των οποίων αντιθέτως το ενεχόμενο στο αργό πετρέλαιο

ποσοστό είναι αντιστρόφως ανάλογο της ζήτησης, είτε διότι κατασκευάζονται τελειότεροι κινητήρες και μηχανές οι οποίες για την λειτουργία τους απαιτούν ειδικής σύστασης καύσιμα, μη συμπίπτοντα με τα κλάσματα του αργού πετρελαίου, δημιουργήθηκε η ανάγκη παραγωγής τροποποιημένης σύστασης κλασμάτων. Το διυλιστήριο εξ' άλλου πρέπει να είναι σε θέση να αυξάνει ή να ελαττώνει εποχιακά συναρτήσει της ζήτησης, την παραγωγή των διαφόρων προϊόντων (κλασμάτων), όπως για παράδειγμα οφείλει να καλύπτει την μεγάλη ζήτηση πετρελαίου θέρμανσης κατά το χειμώνα, ενώ τα κλάσματα αυτά πλεονάζουν κατά το καλοκαίρι.

Αποτέλεσμα των παραπάνω αιτιών είναι η ανακάλυψη και η εφαρμογή των μεθόδων πυρόλυσεως, ανασχηματισμού και τροποποίησεως των διαφόρων συστατικών του πετρελαίου.

Με αυτές επιτυγχάνεται μετατροπή κυρίως των υψηλότερου σημείου ζέσεως συστατικών του πετρελαίου προς πτητικώτερα συστατικά ή η μετατροπή των μεγαλύτερου μοριακού βάρους υδρογονανθράκων σε μικρότερου καθώς και η τροποποίηση της χημικής τους σύστασης.

Στη βελτίωση των παραπάνω μεθόδων βοήθησαν σημαντικά και οι συστηματικές έρευνες, οι οποίες διεξήχθησαν και διεξάγονται για την παραγωγή των πετροχημικών, δηλαδή των χημικών πρώτων υλών της βιομηχανίας λαμβανομένων από το πετρέλαιο.

Ως πρώτες ύλες για την εφαρμογή των παραπάνω αναμορφωτικών επεξεργασιών χρησιμοποιούνται τα εκάστοτε οικονομικώς συμφερότερα κλάσματα των διυλιστηρίων (νάφθα, fuel oil, αέρια κ.λ.π.), τα οποία εξαρτώνται, όπως ήδη αναφέρθηκε, από τις τοπικές και εποχιακές συνθήκες.

Παρακάτω περιγράφονται οι κυριότερες από τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους προς επίτευξη των ανωτέρω:

α) Θερμική και καταλυτική πυρόλυση (πυροδιάσπαση, cracking).

Με αυτό τον όρο πυρόλυση ή πυροδιάσπαση εννοείται ή δια της θερμάνσεως (παρουσία ή απουσία καταλύτη) διάσπασης των μεγαλύτερου μοριακού βάρους υδρογονανθράκων προς αντίστοιχους μικρότερου μοριακού βάρους.

Δηλαδή η μετατροπή των βαρύτερων κλασμάτων (αεριοελαίων, υπολειμμάτων κ.λ.π.), σε ελαφρότερα χαμηλότερου σημείου ζέσεως κλάσματα.

Κηροζίνη	Αερίελαιο	Υπολείματα	
Καταλυτική πυρόλυση			
Αέριοι υδρογονάνθρακες	Βενζίνη	Αερίελαιο	Υπόλειμα (άσφαλτος)

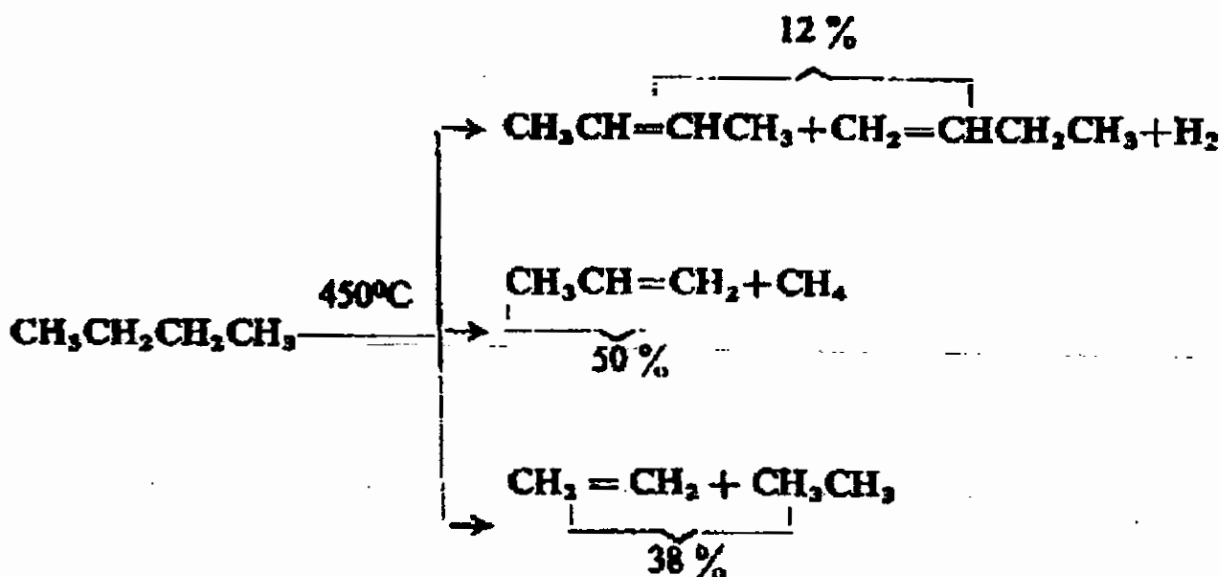
Συνήθως η πυρόλυση πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες 400°C έως 500°C και υπό πίεση 20 έως 40atm.

Κατ' αυτή παράγονται αέριοι υδρογονάνθρακες και κυρίως ολεφίνες (ακόρεστοι υδρογονάνθρακες του τύπου C_xH_{2x} καθώς και αρωματικοί υδρογονάνθρακες, (του τύπου C_xH_x).

Οι εφαρμοζόμενες κατά την πυρόλυση συνθήκες δηλαδή η θερμοκρασία , η πίεση , η παρουσία καταλύτη κατά την διάρκεια της πυρόλυσης κ.λ.π. επηρεάζουν σημαντικά τα προϊόντα πυρόλυσεως .

Από το παράδειγμα το οποίο παρατίθεται , φαίνεται ποσό σημαντική είναι η επίδραση ενός και μόνο από τους παραπάνω συντελεστές , της θερμοκρασίας , για τη σύσταση των τελικών προϊόντων.

Για το απλούστερο του πράγματος παρατίθεται το παράδειγμα πυρόλυσης ενός μικρού μοριακού βάρους υδρογονάνθρακα , του βουτανίου , ώστε να γίνει κατανοητό το πολύπλοκο μίγμα , το οποίο προκύπτει από την πυρόλυση μίγματος των μεγαλύτερων μοριακού βάρους υδρογονανθράκων , από τους οποίους θεωρητικά θα ήταν δυνατό να παραχθούν χιλιάδες ενώσεων :



Συνήθως σήμερα η πυρόλυση πραγματοποιείται παρουσία καταλυτών κατανεμημένων εντός του θαλάμου αντιδράσεως .

Μέσω των καταλυτών επιτυγχάνεται η πυρόλυση υπό ηπιότερες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης , με αποτέλεσμα να παράγονται σε μικρότερα ποσοστά αέρια προϊόντα (μεθάνιο , αιθάνιο) και συγχρόνως βενζίνη υψηλότερου αριθμού οκτανίων.

Για την επαύξηση του αριθμού οκτανίων της βενζίνης , αλλά και για την παραγωγή διαφόρων χημικών πρώτων υλών , την πυρόλυση ακολουθούν διάφορες άλλες επεξεργασίες , όπως περιγράφονται παρακάτω :

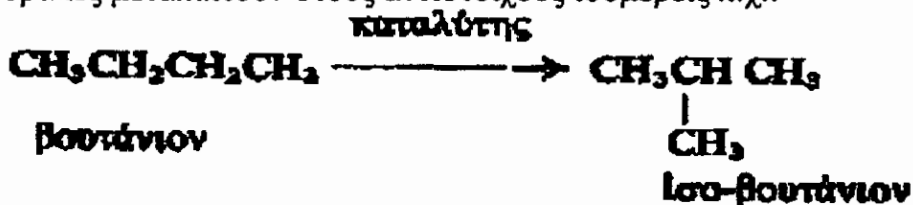
Πυρόλυση χαμηλής θερμοκρασίας

	Παραφίνες %	Ναφθένια %	Ολεφίνες %	Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες %
Πριν τη πυρόλυση	82,5	15,3	2,1	Ίχνη
Μετά τη πυρόλυση	65,8	6,0	11,6	17,4

στ) Ισομερισμός.

Δεδομένου ότι, όπως είδη αναφέρθηκε, οι υδρογονάνθρακες διακλαδισμένης αλυσίδας έχουν υψηλότερο αριθμό οκτανίων, επιδιώκεται η κατά το δυνατό δημιουργία τέτοιων υδρογονανθράκων.

Η αντίδραση αυτή βασίζεται στην παρατήρηση, ότι παρουσία καταλυτών ορισμένοι υδρογονάνθρακες μεταπίπτουν στους αντίστοιχους ισομερείς π.χ.:



ξ) Υδρογονομόρφωση.

Κατά την πυρολυτική διαδικασία, εάν συγχρόνως διοχετεύεται υδρογόνο, πραγματοποιείται μια σειρά ολόκληρων μετατροπών, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση του αριθμού οκτανίων.

Συγχρόνως μειώνεται η σε θείο και άζωτο περιεκτικότητα της βενζίνης, με αποτέλεσμα την καλύτερη δράση των αντικροτικών, όπως π.χ. του τετρααιθυλιούχου μολύβδου.

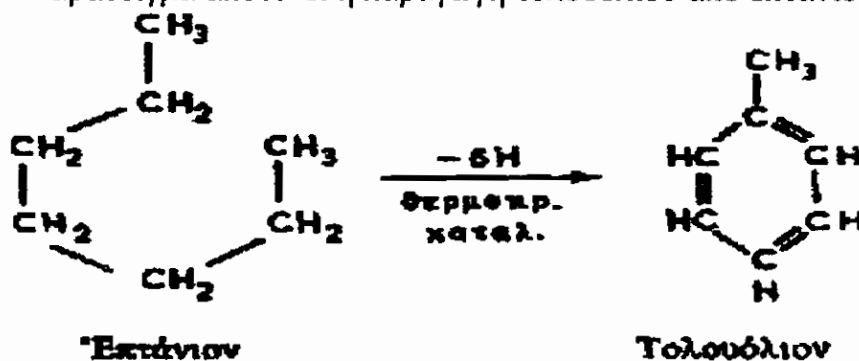
Οι συνθήκες πραγματοποίησης των αντιδράσεων αυτών είναι 500°C έως 600°C, πίεσης 15 έως 20atm και με παρουσία ως καταλύτη, κυρίως μολυβδαινίου επί αλουμίνιας ή και λευκόχρυσου (πλατινομόρφωση).

Επειδή κατά την πορεία της αντιδράσεως αποτίθεται άνθρακας στην επιφάνεια του καταλύτη από καιρό σε καιρό εισάγεται ρυθμιζόμενη ποσότητα αέρα προς καύση του άνθρακα και αναδραστηριοποίηση του καταλύτη.

Συνήθως η ανανεωτική αυτή επεξεργασία πραγματοποιείται περιοδικά και συνέχεια.

Συγχρόνως υπό τις συνθήκες αυτές, οι παραπάνω αντιδράσεις πραγματοποιούνται παρουσία υδρογόνου, πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι το απαιτούμενο υδρογόνο παράγεται συνήθως από τη διάσπαση του μεθανίου ή άλλων υδρογονανθράκων αλλά και από την καθεαυτού αντίδραση, και αυτό γιατί η αναμόρφωση δεν θεωρείται υδρογόνωση αλλά θεωρείται καταλυτική δράση που πραγματοποιείται με τη παρουσία υδρογόνου κατά την οποία αντιθέτως δημιουργείται υδρογόνο λόγω αφυδρογόνωσης. Δεδομένου ότι υπό τους όρους αυτούς ευνοούνται και αντιδράσεις αφυδρογόνωσης ορισμένων υδρογονανθράκων, σχηματίζεται σειρά αρωματικών υδρογονανθράκων οι οποίοι, όπως αναφέρθηκε, παρουσιάζουν εξαιρετικές αντικροτικές ιδιότητες.

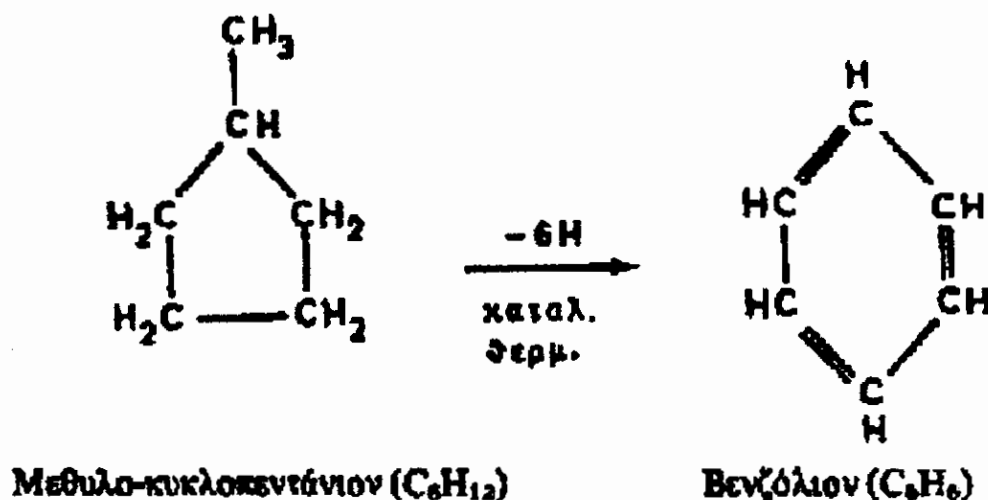
Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η παραγωγή τολουολίου από επτάνιο:



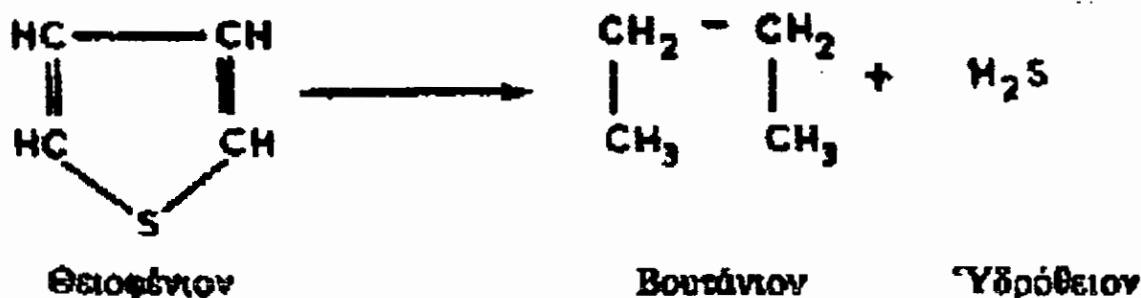
Η αντίδραση αυτή ονομάζεται αρωματοποίηση, έχει δε ιδιαίζουσα σημασία και για την παραγωγή αρωματικών υδρογονανθράκων από το πετρέλαιο.

Κατά την διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου παρήχθησαν τεράστιες ποσότητες τολουολίου, πρώτης ύλης για την παραγωγή του εκρηκτικού τροτύλη (τρινιτροτολουόλη).

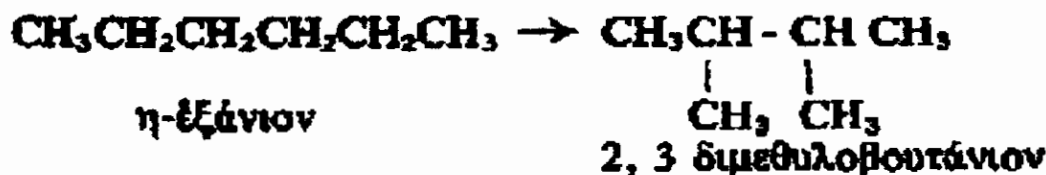
Κατά την αντίδραση αυτή συγχρόνως διάφορα ναφθένια, μετατρέπονται προς σταθερότερους αρωματικούς υδρογονάνθρακες:



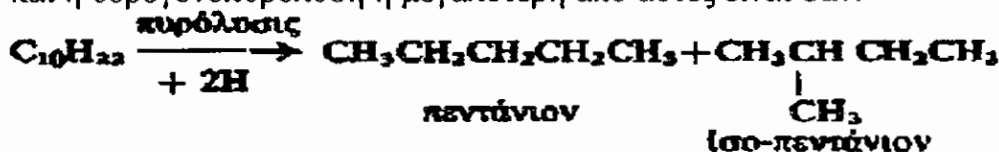
Ενώ θειούχα παράγωγα αποβειούνται:



Συγχρόνως συμβαίνουν και οι προηγουμένως αναφερθείσες αντιδράσεις ισομερισμού της ευθείας αλυσίδας υδρογονανθράκων προς τους αντίστοιχους διακεκλαδισμένους:



και η υδρογονοπυρόλυση η μεγαλύτερη από αυτές είναι σαν:



Η μέθοδος αυτή αποτελεί σήμερα την κυριότερη μέθοδο αναμόρφωσης των πετρελαίων.

2.4 Ανάμιξη

Οι αγοραστές των προϊόντων του διωλιστηρίου απαιτούν διάφορες ποιότητες βενζίνης , πετρελαίου , ορυκτού τερεβινθελαίου κ.λ.π.

Προς επίτευξη των κατάλληλων ποιοτήτων καθίσταται απαραίτητη η ύπαρξη αποθεμάτων των διαφόρων προϊόντων και η εν συνεχεία ανάμιξή τους πριν την διάθεση.

Έτσι , π.χ. για την παραγωγή βενζίνης αυτοκινήτων αναμιγνύονται φυσικές βενζίνες πρωτογενούς απόσταξης με προϊόντα πυρόλυσης , αναμόρφωσης , κλάσμα βουτανίου, ελαφρού φωτιστικού πετρελαίου όπως και διάφορα αλλά πρόσθετα και βελτιωτικά. Η βενζίνη αεροπλάνων είναι μίγμα ίσο-πεντανίου , βενζίνης εκ καταλυτικής πυρόλυσης , αρωματικών υδρογονανθράκων και άλλων πρόσθετων.

Παραγωγή βενζίνης αυτοκινήτων και αεροπλάνων				
Με τη πρωτογενή απόσταξη του πετρελαίου	Με πυρόλυση αεριοελαίου(Gas Oil) ή πετρελαίου εξωτερικής καύσης (fuel oil)	Με πολυμερισμό υδρογονανθράκων ($C_3 - C_4$)	Με απομόνωση βενζίνης από τα φυσικά αέρια	Με προσθήκη συνθετικών καυσίμων

(Πίνακας 4)

Στα βελτιωτικά πρόσθετα του αριθμού οκτανίων , πρέπει να περιληφθεί και το βενζόλιο προερχόμενο είτε από την ανθρακόπισσα είτε από το πετρέλαιο (με αρωματοποίηση).

Το βενζόλιο χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα (σε αναλογία 40%) στην Γερμανία , όπου ευδοκούν βιομηχανίες απανθράκωσης του άνθρακα .

Σημειωτέον ότι το ποσοστό βενζολίου το λαμβανόμενο από ανθρακόπισσα είναι πολύ μικρό (0,2% του άνθρακα) , αλλά πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι τεράστιες ποσότητες άνθρακα , οι οποίες βιομηχανοποιούνται ετησίως.

3. Παραγωγή ορυκτελαίων , λιπαντικών , παραφινών και ασφάλτου

Σκοπός της αναφοράς μας σε αυτό το θέμα σε αυτό το κεφάλαιο είναι να δώσουμε ορισμένα θεωρητικά στοιχεία στον αναγνώστη της εργασίας μας για ορισμένα παράγωγα του πετρελαίου , που όπως θα δούμε αργότερα χρησιμοποιούνται υπό κάποια μορφή στα πλαστικά συσκευασίας σαν πρόσθετα στη πρώτη ύλη.

3.1 Αξιοποίηση υπολειμμάτων πρωτογενούς απόσταξης

Όπως ήδη αναφέρθηκε , κατά την πρωτογενή απόσταξη του αργού πετρελαίου, από τον πυθμένα της στήλης αποστάξεως συλλέγεται ένα υπόλειμμα αποτελούμενο από μίγμα πολύ υψηλού σημείου ζέσεως υδρογονανθράκων.

Το παραπάνω προϊόν διατίθεται αυτούσιο ή κατόπιν επεξεργασίας ως καύσιμο εσωτερικής καύσεως (fuel oil, majout) ή κατόπιν αφαίρεσης των στερεών παραφινών ως διαφανές κυλινδρέλαιο , ήτοι μηχανέλαιο υψηλής θερμικής αντοχής χρησιμοποιούμενο για τη λίπανση μηχανών εσωτερικής καύσης.

Υπόλειμμα πρωτογενούς αποστάξεως αφαίρεσης παραφίνης

Πετρέλαιο εξωτερικής καύσης	Διαφανές κυλινδρέλαιο	Άσφαλτος	Διάφορα προϊόντα
-----------------------------	-----------------------	----------	------------------

Με πυρόλυση , εξ άλλου , λαμβάνονται τα ήδη αναφερθέντα προϊόντα πυρόλυσης όπως και ειδική ποιότητα κώκ , χρησιμοποιούμενο κυρίως για την κατασκευή ηλεκτροδίων.

Εκτός όμως του παραπάνω τρόπου αξιοποίησης των βαρέων υπολειμμάτων , πολύ σημαντική είναι η με κλασμάτωση αυτών (παρουσία ατμών και υπό κενό , ώστε να αποφεύγεται η πυρόλυση , η οποία θα ήταν αναπόφευκτη λόγω του υψηλού υπό συνήθεις συνθήκες σημείου ζέσεως των παραπάνω κλασμάτων) , παραγωγή διαφόρων προϊόντων και κυρίως ορυκτελαίων , τα οποία κατόπιν περαιτέρω εξυγениισμού διατίθενται στο εμπόριο ως λιπαντικά , γράσα αλλά και στερεά παραφίνη που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των κεριών
Το παρατιθέμενο διάγραμμα παρέχει τα διάφορα προϊόντα της υπό κενό απόσταξης των υπολειμμάτων της πρωτογενούς απόσταξης.

**Απόσταξη υπολείμματος πρωτογενούς
απόσταξης υπό κενό**

Διάφορα αποστάγματα ορυκτελαίων

Υπόλειμμα (άσφαλτος)

αφαίρεση παραφίνης

Παραφίνη

Ορυκτέλαια

3.2 Αποκύρωση

Εάν το πετρέλαιο είναι παραφινικής βάσεως , τα λαμβανόμενα ορυκτέλαια περιέχουν αναλόγως της προέλευσης μικρότερες ή μεγαλύτερες ποσότητες στερεών υδρογονανθράκων (δηλ. υδρογονάνθρακας με περισσότερα των 16 ατόμων άνθρακα , οι οποίοι αρχίζουν να κρυσταλλώνονται ίδια στις χαμηλές θερμοκρασίες). Η εργασία του αποχωρισμού των στερεων συστατικών χαρακτηρίζεται ως αποκήρωση.

Τα παραπάνω αναφερθέντα συστατικά επειδή χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή κεριών συνηθίζεται να κατονομάζονται παραφινικά κεριά παρ'όλο αυτό δεν ανταποκρίνεται στο χημικό ορισμό του κεριού.

Ο αποχωρισμός των παραφινών από το ορυκτέλαιο πραγματοποιείται μέσω διαφόρων μεθόδων βασιζόμενων επί της κλασματικής κρυστάλλωσης και διήθησης αυτών. Συνήθως η ανακρυστάλλωση και η διήθηση των παραφινών πραγματοποιείται

παρουσία διαλύτη (ως π.χ. μέθυλο-αίθυλο κετόνης), του οποίου το δυσκολότερα διηθούμενο, λόγω μεγάλου ιξώδους ιζήμα, καθίσταται πλέον λεπτόρρευστο.

Με την περαιτέρω επεξεργασία αφ' ενός λαμβάνονται ορυκτέλαια σταθερότερα και ταπεινότερου σημείου θολώσεως, αφ'ετέρου απομονώνονται οι παραφίνες.

Η αξιολόγηση των παραφινών γίνεται βάσει του σημείου τήξεώς τους.

Οι συνήθεις ποιότητες είναι οι "μαλακές", σημείου τήξεως 35°C ως 40°C ή 38°C έως 45°C, οι μέσες 45° έως 50°C και οι σκληρές 50° έως 65°C.

Οι παραφίνες συναρτήσει της ποιότητάς του χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πυρείων, για την αδιαβροχοποίηση του χαρτιού, ως μονωτικά υλικά κ.λ.π.

Από τα υπολείμματα της απόσταξης λαμβάνεται μικροκρυσταλλικό προϊόν, το οποίο μετά τον εξευγενισμό του δίνει πολτώδη μάζα χρώματος λευκού έως κίτρινου, σημείου ρευστοποίησης 35°C έως 60°C, γνωστή ως βαζελίνη (petrolatum).

Αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή φαρμακευτικών και καλλυντικών σκευασμάτων (κρέμας, αλοιφών κ.λ.π.) και ως λιπαντικό.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα ορυκτέλαια πωλούνται κυρίως βάσει του ιξώδους τους και κυρίως βάση διαγραμμάτων (V-T διαγράμματα, V=viscosity=ιξώδες, T = θερμοκρασία), τα οποία αναφέρονται στην μεταβολή του ιξώδους συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Προς χαρακτηρισμό του ιξώδους των ορυκτελαίων χρησιμοποιείται συνήθως η εμπειρική κλίμακα S.A.E. (Society of Automotive Engineers) κυμαινόμενη από 5 για τα λιγότερο ιξώδη έως και 250 για τα πλέον παχύρρευστα έλαια τα χρησιμοποιούμενα για την λίπανση των οδοντωτών τροχών.

Έτσι τα έλαια χαρακτηρίζονται ως S.A.E., 5W, 10W, 30W κ.λ.π. αναλόγως το ιξώδες αυτών.

Η καθημερινή τελειοποίηση των μηχανών όπως και οι αυξημένες απαιτήσεις λίπανσης μηχανών εργαζόμενων υπό εξαιρετικές συνθήκες καταπόνησης, δημιούργησαν την ανάγκη παραγωγής ειδικών λιπαντικών, όπως π.χ. λιπαντικών το ιξώδες των οποίων δεν μεταβάλλεται αισθητά εντός ορισμένων ορίων θερμοκρασιών. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη στα ορυκτέλαια, διαφόρων οργανικών προσθέτων, όπως π.χ. βελτιωτικών του ιξώδους, αντιοξειδωτικών, αντιδιαβρωτικών, συστατικών πρόσφυσης, συστατικών αντιτριβής, αντιαφριστικών κ.λ.π. Πρόκειται για τους ειδικούς τύπους λιπαντικών, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως special, super κ.λ.π.

Για την λίπανση ορισμένων τμημάτων, όπως π.χ. εδράνων ένοσφαιρων τριβέων κ.λ.π., τα υγρά λιπαντικά είναι ακατάλληλα και απαιτούνται λιπαντικά αλειφώδους σύστασης, όπως είναι π.χ. τα γράσα.

Αυτά παρασκευάζονται από ορυκτέλαια τη προσθήκη μικρής ποσότητας στεατικών αλάτων, όπως π.χ. στεατικού λίθου, ασβεστίου και διάφορων άλλων προσθέτων.

Τα ορυκτέλαια χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των μηχανών.

Μετά την αντικατάστασή τους, λόγω αλλοίωσης των λιπαντικών αυτών ιδιοτήτων, συνήθως δεν απορρίπτονται, αλλά συλλέγονται και αγοράζονται σε χαμηλή τιμή προς επανεξευγενισμό και αξιοποίηση.

Υπενθυμίζουμε και την χρήση των ορυκτελαίων στα έλαια κοπής μετάλλων, δηλαδή γαλακτωμάτων ορυκτελαίων, αναμιχθέντα με νερό και γαλακτωματοποιητές, χρησιμοποιούμενα στις βιομηχανικές διαμορφώσεις των μετάλλων.

4. Πρώτες ύλες για τη παραγωγή των πετροχημικών

Το ορθότερο θα ήταν να κάνουμε μια αναφορά στον ορισμό των πετροχημικών έχουμε ήδη όμως στις προηγούμενες σελίδες αναφέρει περί τίνος ακριβώς πρόκειται.

Εδώ θα δούμε πιο αναλυτικά ότι έχει να κάνει με τα πετροχημικά τα οποία έχουν τεράστια εφαρμογή στην βιομηχανία της εποχής μας .

Έτσι λοιπόν οι κυριότερες πρώτες ύλες για την παραγωγή πετροχημικών είναι οι εξής:

α) Κλάσματα υγρών υδρογονανθράκων και κυρίως νάφθα και αερίελλαιο

Τα προϊόντα αυτά , με πυρόλυση , δίνουν κατώτερους ακόρεστους υδρογονάνθρακες και κυρίως αιθυλένιο , προπυλένιο , βουτυλένια , βουταδιένιο και ακετυλένιο. Συγχρόνως παράγεται υδρογόνο ικανό να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αμμωνίας.

Επίσης χρησιμοποιούνται τα προϊόντα της αναμόρφωσης της βενζίνης , όπου εάν χρησιμοποιείται ως καταλύτης λευκόχρυσος να συμπαράγονται και αρωματικοί υδρογονάνθρακες (κυρίως βενζόλιο , τολουόλιο και ξυλόλια)

β) Από πετρέλαιο εξωτερικής καύσης

Από αυτό παράγεται κυρίως αέριο συνθέσεως για την παραγωγή αμμωνίας ή οργανικής σύνθεσης.

γ) Από κηρώδη προϊόντα του διυλιστηρίου

Από αυτά λαμβάνονται κυρίως ανώτεροι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες.

δ) Από αέρια προϊόντα

Τα οποία προκύπτουν κατά τον εξευγενισμό του πετρελαίου στα διυλιστήρια.

Από αυτά απομονώνονται κυρίως κατώτεροι υδρογονάνθρακες (αιθάνιο , προπάνιο , βουτάνιο).

ε) Από φυσικά αέρια

Από αυτά λαμβάνεται κυρίως μεθάνιο , αλλά κατά τον καθαρισμό του απομονώνονται επίσης αιθάνιο , προπάνιο και βουτάνιο.

Από τις πρώτες ύλες που περιγράφηκαν παραπάνω λαμβάνονται κυρίως απλά προϊόντα όπως μεθάνιο , αιθάνιο , αιθυλένιο , προπυλένιο , βουτυλένιο και αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

Εν συνεχεία , από τις παραπάνω πρώτες ύλες και με την επίδραση χημικών ενώσεων όπως το νερό , οξυγόνο , χλώριο , θειικό και νιτρικό οξύ και την παρουσία ειδικών καταλυτών μπορεί να προκύψει μια σειρά χημικών προϊόντων τα οποία χρησιμοποιούνται ως εξής:

α) Διαλύτες (αλκοόλες , κετόνες , εστέρες , χλωριοπαράγωγα , αρωματικοί υδρογονάνθρακες).

β) Πλαστικά (πολυαιθυλένιο , πολυπροπυλένιο , πολυβινοχλωρίδιο(PVC) , πολυστυρένιο κ.α.).

γ) Συνθετικές υφάνσιμες ίνες (terylene , nylon , orlon , perlon , κ.α.).

δ) Φαρμακευτικά προϊόντα , γεωργικά φάρμακα , εκρηκτικά , αρώματα , χρώματα κ.α..

Στη συνέχεια παραθέτουμε μερικά απλά παραδείγματα κάποιων χαρακτηριστικών αντιδράσεων:

Τα κυριότερα προϊόντα που προκύπτουν από τη πυρόλυση της νάφθας :

Τα κυριότερα προϊόντα που προκύπτουν από τη πυρόλυση της νάφθας	
Αιθυλένιο	32 %
Προπυλένιο	17 %
Βουτυλένιο	4,5 %
Βουταδένια	4,5 %
Διάφορα αέρια προϊόντα	19 %
Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες	12 %
Ανώτεροι Υδρογονάνθρακες και νάφθα	11 %
	100 %

(Πίνακας 5)

Κατά τα προσεχή έτη θα επιδιωχθεί αύξηση της παραγωγής του , διότι αφ' ενός με τις νεότερες μεθόδους πυρολύσεως μειώθηκε το ποσοστό προπυλενίου υπέρ του αιθυλενίου , αφ' ετέρου οι χρήσεις αυτού διευρύνονται.

4.1 Τα κυριότερα πετροχημικά

Όπως ήδη αναφέραμε τα κυριότερα πετροχημικά προϊόντα προέρχονται από το πετρέλαιο και είναι τα παρακάτω:

- α) Μεθάνιο
- β) Αιθυλένιο
- γ) Προπυλένιο
- δ) Βουτυλένιο , βουταδιένιο
- ε) Αρωματικοί υδρογονάνθρακες

Εν συνεχεία θα δώσουμε περιγραφές των κυριότερων από αυτά .

1) Ομάδα μεθανίου (CH_4)

Τα κυριότερα βιομηχανικά προϊόντα που παράγονται από το μεθάνιο είναι:

- α) Υδρογόνο για την παραγωγή αζωτούχων λιπασμάτων.
- β) Ακρυλονιτρίλιο για την παραγωγή πλαστικών και υφάνσιμων ινών.
- γ) Χλωροπρένιο για την παραγωγή συνθετικού ελαστικού.
- δ) Μεθανόλη ως διαλύτης.
- ε) Φορμαλδεΰδη για τη παραγωγή πλαστικών , συνθετικών ρητινών και συγκολλητικών.

στ) Αλογονοπαράγωγα , όπως χλωροφόρμιο , τα οποία χρησιμοποιούνται ως διαλύτες και στην παραγωγή πλαστικών.

2) Ομάδα αιθυλενίου ($CH_2 = CH_2$)

Τα κυριότερα προϊόντα προερχόμενα από το αιθυλένιο είναι τα εξής :

- α) Πολυαιθυλένιο
- β) Στυρένιο και πολυστυρένιο
- γ) Βινυλοχλωρίδιο και πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
- δ) Οξείκό βινύλιο και οξείκό πολυβινύλιο τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πλαστικών επιχρισμάτων (βερνικιών) και συνθετικών ινών.

ε) Αιθυλική αλκοόλη , οξείκό οξύ και οξείκος ανυδρίτης , οι οποίες αποτελούν σημαντικές πρώτες ύλες της χημικής βιομηχανίας.

στ) Αιθυλενοξείδιο και εξ' αυτού παραγόμενα απορρυπαντικά καθώς επίσης και γλυκόλες και πολυγλυκόλες χρησιμοποιούμενα ως υγρά φρένων και αντιψυκτικά.

ζ) Διάφορα χλωριοπαράγωγα χρησιμοποιούμενα ως διαλυτικά

3) Ομάδα προπυλενίου ($CH_3CH = CH_2$)

Τα κυριότερα προϊόντα προερχόμενα από το προπυλένιο είναι τα ακόλουθα:

α) Ακρυλονιτρίλιο για την παραγωγή πλαστικών και συνθετικών ινών

β) Τετραμερές προπυλένιο το οποίο αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή δωδεκυλοβενζολίου, του ενεργού συστατικού των περισσοτέρων απορρυπαντικών

γ) Κυμόλιο ή κυμένιο, πρώτη ύλη για την παραγωγή φαινόλης και εν συνεχεία του Nylon

δ) Πολυπροπυλένιο

ε) Ισοπροπυλική αλκοόλη και αλετόνη (διαλύτες)

στ) Γλυκερίνη και εξ αυτής εκρηκτικά, συνθετικές ρητίνες, πλαστικοποιητές κ.τ.λ.

4) Ομάδα βουτυλενίου (C_4H_8)

Από το βουτυλένιο και το βουταδιένιο τα κυριότερα παραγόμενα προϊόντα είναι:

α) Συνθετικά ελαστικά

β) Διαλύτες βερνικιών (βουταλικές αλκοόλες, κετόνες)

γ) Πλαστικοποιητές

5) Ομάδα αρωματικών υδρογονανθράκων (Βενζόλιο, Τολουόλιο, Ξυλόλια)

Τα παράγωγα αυτά κατά το παρελθόν ελαμβάνοντο κυρίως από την ανθρακόπισσα (υποπροϊόν κατά την παραγωγή κοκ).

Πλέον η σημαντικότερη πηγή αυτών είναι κλάσμα αυτούσιου αργού πετρελαίου.

α) Βενζόλιο ή Βενζένιο (C_6H_6)

Οι κυριότερες χρήσεις του βενζολίου είναι για την παραγωγή καυσίμων υψηλού αριθμού οκτανίων, καθώς και για την παραγωγή έτερων χημικών προϊόντων

β) Τολουόλιο ή Τολουόλη ή Τολουένιο ($CH_3C_6H_4CH_3$)

Οι κυριότερες χρήσεις του τολουολίου είναι ως διαλύτη, ως καυσίμου, για την παραγωγή του εκρηκτικού τροτύλη (τρινιτριτολουόλης), της πολυουρεθάνης, της βενζαλδεύδης και του βενζοϊκού οξέος.

γ) Ξυλόλια ή Ξυλόλη ή Ξυλένια, ($CH_3C_6H_4CH_3$)

Τόσο από την ανθρακόπισσα όσο και από το πετρέλαιο παραγόμενο προϊόν η αναλογία των τριών ισομερών ξυλολίων ποικίλλει εντός ευρυτάτων ορίων.

Τα κυριότερα προϊόντα λαμβανόμενα από το ξυλόλιο είναι ο φθαλικός ανυδρίτης, πρώτη ύλη παραγωγής συνθετικών ρητινών και πλαστικών, και οι πολυεστέρες, πρώτη ύλη για την παραγωγή υφάνσιμων ινών και πλαστικών.

4.2 Η Ελληνική παραγωγή πετροχημικών

Αν εξαιρεθούν οι βιομηχανίες λιπασμάτων, οι οποίες παράγουν από πετρέλαιο υδρογόνο για την σύνθεση της αμμωνίας, ή μόνη προς το παρόν βιομηχανία πετροχημικών στην Ελλάδα είναι το συγκρότημα της Esso, στην Θεσσαλονίκη, όπου παράγονται: αιθυλένιο, υδρογόνο (αμμωνία), τετρααιθυλιούχος μόλυβδος και χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC).

Η μονάδα αυτή είναι δυναμικότητας περίπου 30.000 τόνων αιθυλενίου ετησίως και δύναται να θεωρηθεί μία εκ των μικρότερων στον κόσμο.

Σημειωτέον ότι, όπως προκύπτει από διάφορες μελέτες, το οικονομικό μέγεθος μονάδων αιθυλενίου-προπυλενίου εκ πυρολύσεως νάφθας κυμαίνεται περί τους 200.000 τόνους ετησίως.

Στη Γερμανία και Αγγλία υφίστανται ήδη μονάδες δυναμικότητας περίπου 700.000 τόνων ετησίως.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η ελληνική κατανάλωση των κυριότερων προϊόντων παραγόμενων από αιθυλένιο δηλαδή του πολυαιθυλενίου, πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) και πολυστυρενίου, έφτανε κατά το έτος 1972 στους 80.000 τόνους περίπου.

Η δημιουργία βιομηχανίας πετροχημικών αποτελεί βασική υποδομή για την οικονομική ανάπτυξη της χώρας μας αλλά και της οποιασδήποτε χώρας, διότι η χημική βιομηχανία στις ανεπτυγμένες χώρες, όπως αποδεικνύεται από αριθμούς, συμμετέχει στην ανάπτυξη του συνολικού εθνικού βιομηχανικού προϊόντος και έτσι αποτελεί όχι μόνο κλάδος ταχείας ανάπτυξης του τόπου αλλά και παρότρυνση για τη δημιουργία νέων βιομηχανικών μονάδων οι οποίες θα χρησιμοποιούν προϊόντα μιας τέτοιου είδους βιομηχανίας αλλά και για τους πολίτες αποτελεί υψηλά εξειδικευμένο τεχνικό αλλά και επιστημονικό προσωπικό άρα επιπλέον θέσεις εργασίας.

Στην Ελλάδα υφίστανται μεγάλες μονάδες ανόργανης χημικής βιομηχανίας π.χ. λιπασμάτων, αλουμινίου, χάλυβος, τσιμέντων κ.λ.π.

Αλλά υπάρχει παντελής έλλειψη πρωτογενούς συνθετικής οργανικής βιομηχανίας (πλαστικών ελαστικών, συνθετικών ρητινών, συνθετικών νημάτων, φαρμακευτικών, χρωμάτων, κ.λ.π.). Αντιθέτως υφίστανται κλάδοι δευτερογενούς παραγωγής, όπως μεταποιήσεως, μορφοποίησεως και συσκευασίας των πρώτων υλών των προαναφερθέντων βιομηχανιών.

Έτσι παρουσιάζεται έλλειψη συνεργασίας μεταξύ των παραπάνω μονάδων, οι οποίες εξαρτώνται από τις εισαγωγές των πρώτων υλών τους από το εξωτερικό.

Η όλη προαναφερθείσα διαμόρφωση της κατάστασης αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα δεδομένου του ότι όπως προαναφέραμε με τα κύρια προϊόντα των πετροχημικών υπάρχει συμπαραγωγή σημαντικότερου ποσοστού υποπροϊόντων τα οποία απορροφώνται από διάφορους κλάδους της χημικής βιομηχανίας γεγονός που τις επηρεάζει σημαντικότερα οικονομικά.

Όλα τα παραπάνω σε συνάρτηση του ότι υπάρχουν τεράστιες ανταγωνιστικές μονάδες όμοιες στις χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης κάνουν ακόμη πιο δύσκολη τη κατάσταση για τις ντόπιες βιομηχανίες πετροχημικών.

Παρά όλα αυτά, η ίδρυση τέτοιας μονάδος θεωρείται ως άκρως αναγκαία για την εθνική οικονομία.

Γι' αυτό είναι απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση των εξελίξεων ούτως ώστε η δημιουργία της πετροχημικής βιομηχανίας να ευδοκιμήσει.

5. Πολυμερή υλικά

Στο κεφάλαιο αυτό μπαίνουμε στο κυρίως θέμα της φύσης της πρώτης ύλης που χρησιμοποιούμε και αυτό διότι το πολυαιθυλένιο που χρησιμοποιούμε σαν πρώτη ύλη για τα πλαστικά συσκευασίας είναι πολυμερές και έτσι γίνεται εύκολα κατανοητή η ανάγκη για λεπτομερειακή παρουσίαση των πολυμερών.

5.1 Ιστορία - Έννοια πολυμερών

Παρά το γεγονός ότι τα πολυμερή έλκουν την ιστορία τους από τα πρώτα χρόνια της ανθρωπότητας (φυσικά ελαστικά , βαμβάκι , μαλλί , κλπ) , τόσο η θεωρητική προσέγγιση των πολυμερικών δομών , όσο και η συνθετική παραγωγή πολυμερών , είναι προϊόντα του αιώνα μας.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η επιστήμη των πολυμερών "γεννήθηκε" , πραγματικά τη δεκαετία του '20 , όταν ο γερμανός χημικός Hermann Staudinger εισήγαγε για πρώτη φορά την έννοια του μακρομορίου.

Μια θεώρηση που ερχόταν σε αντίθεση με την προγενέστερη εκδοχή του Naegeli περί "μεγαλομορίου" διαστάσεων κολλοειδούς , το οποίο αποτελούσε άθροισμα μικρότερων μορίων συνδεδεμένων με ασθενείς δεσμούς ακαθόριστης φύσεως.

Η θεωρία του Staudinger άρχισε να αποκτά υποστηρικτές στη δεκαετία του '30 και ο ίδιος βραβεύτηκε με το βραβείο Nobel το 1953.

Ωστόσο , δε θα πρέπει να υποτιμηθεί η συμβολή κι άλλων μελετητών , οι οποίοι από τα μέσα του 19ου αιώνα εργάστηκαν στο ίδιο ερευνητικό πεδίο

Το 1838 , ο Γάλλος χημικός Henri Victor Renault παρατήρησε το σχηματισμό στερεής ουσίας , από βιολοχλωρίδιο , μετά από έκθεσή του στο φως.

Η έρευνα αυτή δεν είχε συνέχεια.

Η μετατροπή του καουτσούκ , με την προσθήκη θείου , σε ελαστικό καλύτερων ιδιοτήτων παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον αμερικανό Charles Goodyear (1839).

Το 1844 , για τη διαδικασία αυτή , καθιερώθηκε ο όρος βουλκανισμός , μετά από εισήγηση του άγγλου ερευνητή Thomas Hancock.

Πρώτος ο Γάλλος Henri Braconnot , το 1832 , παρασκεύασε νιτρική κυτταρίνη , η βιομηχανική παραγωγή της οποίας άρχισε το 1846 , μετά από βελτιώσεις του Christian Freidrich Schonbein.

Το 1870 , με τη συνδυασμένη έρευνα των , John Wesley και Isaiah S.Hyatt , παρασκευάστηκε το πρώτο πλαστικό: η συνθετική κυτταρίνη (celluloid).

Η σύνθεσή της στηρίχθηκε στην πλαστικοποίηση της νιτρικής κυτταρίνης με καμφορά. Η αναζήτηση υποκατάστατων της εύφλεκτης νιτρικής κυπαρίνης από σταθερότερα υλικά οδήγησε στη σύνθεση της ακετοσελλουλόζης (καζεΐνης).

Το 1910 , ο Leo Hendrik Baekeland συνέθεσε την πρώτη θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη, το βακελίτη.

Στην περίοδο του μεσοπολέμου ανακαλύφθηκαν και αναπτύχθηκαν τα θερμοπλαστικά πολυμερή όπως: πολυστυρένιο (PS) , πολυαιθυλένιο (PE) , πολυπροπυλένιο (PP) , χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC).

Στις μέρες μας η παγκόσμια ετήσια παραγωγή πολυμερών αγγίζει τα 70 εκατομμύρια και συναγωνίζεται εκείνη του χάλυβα.

Η λέξη πολυμερές είναι σύνθετη: πολύς + μέρος , και πραγματικά , μπορούμε να ορίσουμε τα πολυμερή (polymers) ως φυσικές ή τεχνητά παρασκευασμένες ύλες , αποτελούμενες από μόρια, μεγάλων διαστάσεων (μεγάλου μοριακού βάρους) , τα μακρομόρια. Οι δομικοί λίθοι των μακρομορίων είναι χημικές ενώσεις-μονάδες , μικρού μοριακού βάρους , που καλούνται μονομερή , και ο αριθμός τους ποικίλει από 100 έως 100.000 ανά αλυσίδα.

Ο ανταγωνισμός των πολυμερών με τα μεταλλικά , κυρίως , υλικά είναι σκληρός.

Τα πολυμερή μορφοποιούνται εύκολα και παρασκευάζονται "στα μέτρα μας" , έτσι ώστε να συνδυάζουν ταυτόχρονα πολλά πλεονεκτήματα , όπως:

- α) τη δυνατότητα δημιουργίας προϊόντων πολύπλοκης γεωμετρίας
- β) τη διαφάνεια , μπορούν έτσι να αντικαταστήσουν το γυαλί
- γ) χαμηλή πυκνότητα
- δ) καλές μηχανικές ιδιότητες
- ε) χαμηλό κόστος.

Τα πολυμερή σε σχέση με τα μεταλλικά υλικά , παρουσιάζουν όμως και μειονεκτήματα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν χαμηλότερες μηχανικές ιδιότητες και δεν είναι δυνατή η χρήση τους σε υψηλές θερμοκρασίες.

Επίσης , η χρήση τους επιφυλάσσει μεγάλους κινδύνους ρύπανσης του περιβάλλοντος (πρόβλημα ανακύκλωσης).

Τέλος , ένας μεγάλος αριθμός πολυμερών προϊόντων , που παράγονται με πρώτη ύλη το πετρέλαιο , βρίσκεται σε άμεση εξάρτηση από την τιμή και την πολιτική του πετρελαίου στις διάφορες χώρες (OPEC) , χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν ισχύει το ίδιο με την παραγωγή άλλων υλικών (π.χ. AI).

Οι εφαρμογές των πολυμερών εκτείνονται από τις απλές καθημερινές χρήσεις , όπως π.χ. οικιακά σκεύη , διακοσμητικά είδη , είδη συσκευασίας , αυτοκόλλητες ταινίες , είδη σπορ , μουσικής , ταξιδιού κλπ , μέχρι τις πιο προηγμένες , όπως στην αυτοκινητοβιομηχανία (δομικά στοιχεία , καθίσματα , τζαμαρίες , ντεπόζιτα βενζίνης, ζάντες) , στη μικροηλεκτρονική (μικροεξαρτήματα , τυπωμένα κυκλώματα) και αλλού.

5.2 Η έννοια του μακρομορίου - μακρομόριο και χαρακτηριστικά μεγέθη

Τα μεγάλα μόρια των πολυμερών δημιουργούνται από απλά μόριο, τα μονομερή (monomers) , τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με ομοιοπολικούς , στην πλειοψηφία τους δεσμούς και σχηματίζουν τις χαρακτηριστικές μακριές αλυσίδες του πολυμερούς.

Το μονομερές που επαναλαμβάνεται σε όλη τη δομή του πολυμερούς ονομάζεται επαναλαμβανόμενη μονάδα (repeating unit) ή δομική μονάδα (structural unit). Αν -A- είναι η δομική μονάδα και η ο αριθμός επανάληψής της στο μόριο του πολυμερούς , αυτό παίρνει τη μορφή:



Ο αριθμός επανάληψής του μονομερούς στην αλυσίδα του πολυμερούς ονομάζεται βαθμός πολυμερισμού DP (degree of polymerization) και σχετίζεται με το μήκος της μοριακής αλυσίδας και το μοριακό βάρος του πολυμερούς.

Επειδή στην πράξη , η μάζα του πολυμερούς αποτελείται από αλυσίδες ποικίλων μηκών , χρησιμοποιείται ο ορθότερος όρος μέσος βαθμός πολυμερισμού \overline{DP} (average degree of polymerization).

Εξαιτίας της ανομοιογένειας του μεγέθους των διαφόρων μακρομορίων , καθώς επίσης και της συμμετοχής διαφόρων τύπων μονομερών στη μοριακή αλυσίδα του πολυμερούς το μοριακό βάρος (M) των πολυμερών έχει στατιστική έννοια.

Ο υπολογισμός του μοριακού βάρους γίνεται αφού διαιρέσουμε τη μοριακή αλυσίδα του πολυμερούς σε υποαλυσίδες και τις ταξινομήσουμε σε κλάσεις μοριακών βαρών

(M_i). Για κάθε κλάση μπορούμε να υπολογίζουμε το κατά βάρος ποσοστό (f_i), με το οποίο κάθε κλάση μετέχει στο μοριακό βάρος του πολυμερούς, καθώς επίσης και τον αριθμό υποαλυσίδων (n_i) με το ίδιο μοριακό βάρος (M_i).

Με βάση μια τέτοια θεώρηση μπορούμε να ορίσουμε το μέσο μοριακό βάρος (\bar{M}) των πολυμερών με δύο τρόπους:

α) Το μέσου βάρους μοριακό βάρος (M_w) ορίζεται από τη σχέση :

$$\bar{M}_w = \sum f_i M_i$$

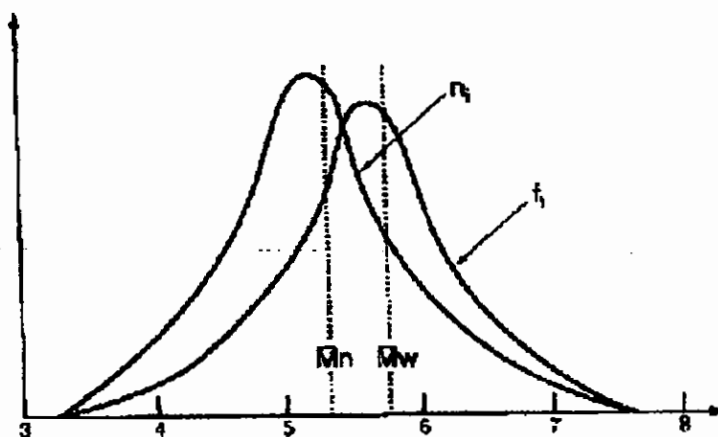
β) Το μέσου αριθμού μοριακό βάρος (M_n) ορίζεται από τη σχέση :

$$\bar{M}_n = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i}$$

Συνήθως το μέσου αριθμού μοριακό βάρος είναι μικρότερο από το μέσου βάρους μοριακό βάρος.

Με τη βοήθεια των μεγεθών αυτών είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η ομοιογένεια, ή η ανομοιογένεια, ενός πολυμερούς.

Συνήθως η κατανομή αυτή δίνεται υπό μορφή καμπύλης (σχήμα 3).



Σχήμα 3 : Κατανομή μοριακών βαρών σε πολυμερές

Ο λόγος $P = M_w/M_n$, ο οποίος πολλές φορές αναφέρεται και ως δείκτης διασποράς, αποτελεί μέτρο του εύρους της καμπύλης κατανομής μοριακών βαρών. Όταν ένα πολυμερές είναι ομοιογενές, τότε $P = 1$.

Αυτό συμβαίνει συχνά στα βιολογικά πολυμερή, αλλά είναι πολύ σπάνιο στην περίπτωση των βιομηχανικών πολυμερών.

Ανάλογα με τις συνθήκες σύνθεσης τον πολυμερούς ο λόγος P κυμαίνεται σε ένα ευρύ φάσμα τιμών.

Συνήθως ο P παίρνει τιμές μεταξύ 1, 5 και 3.

Αν τα μονομερή που συνθέτουν τη πολυμερική αλυσίδα είναι ενός μόνο τύπου, το μακρομόριο ονομάζεται ομοπολυμερές (homopolymer).

Πολλές φορές όμως, στην αλυσίδα τον μακρομορίου μετέχουν περισσότεροι τύποι μονομερών.

Ένα τέτοιο πολυμερές χαρακτηρίζεται ως συμπολυμερές (copolymer).

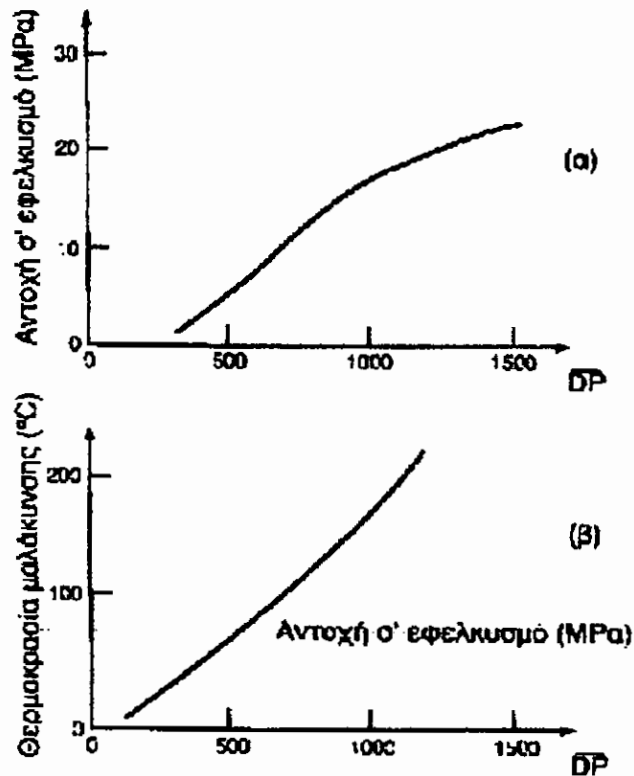
Συνήθως, το μοριακό βάρος των πολυμερών είναι υψηλότερο των 5000 g.

Όταν το μοριακό βάρος της ένωσης παίρνει τιμές από 1000 έως 5000 g, χρησιμοποιείται ο όρος ολιγομερές (oligomer).

Τα ολιγομερή έχουν βαθμό πολυμερισμού μικρότερο του 200.

Ο βαθμός πολυμερισμού επιδρά τόσο στις φυσικές, όσο και στις μηχανικές ιδιότητες τον πολυμερούς.

Στο σχήμα, φαίνεται η μεταβολή της αντοχής σε εφελκυσμό και της θερμοκρασίας μαλάκυνσης του πολυαιθυλενίου συναρτήσει του μέσου βαθμού πολυμερισμού.



Σχήμα 4 : Μεταβολή της μηχανικής αντοχής (α) και της Θερμοκρασίας μαλάκυνσης (β) του πολυαιθυλενίου συναρτήσει του μέσου βαθμού πολυμερισμού .

5.3 Πολυμερισμός (polymerization)

Τα πολυμερή λαμβάνονται μέσω χημικών διαμοριακών αντιδράσεων μεταξύ των μορίων των μονομερών.

Ανάλογα με το είδος των αντιδρώντων μονομερών, το παραγόμενο μπορεί να είναι ομοπολυμερές ή συμπολυμερές και η χημική αντίδραση καλείται πολυμερισμός ή συμπολυμερισμός, αντίστοιχα.

Κατά τον πολυμερισμό λαμβάνουν χώρα είτε αντιδράσεις συμπυκνώσεως, είτε αντιδράσεις προσθήκης.

Με βάση την κινητική των αντιδράσεων ο πολυμερισμός διακρίνεται σε:

α) Σταδιακό, όταν όλες οι αντιδράσεις οδεύουν κατά βαθμίδες. Πρόκειται για ένα είδος αντιδράσεων συμπυκνώσεως.

β) Αλυσιδωτό, όταν οι αντιδράσεις οδεύουν με διαδοχικές προσθήκες ενός μονομερούς κάθε φορά και πρόκειται για ταχύτατες αντιδράσεις προσθήκης.

Κατά τον συμπολυμερισμό (copolymerization) δύο ή και περισσότερα μονομερή πολυμερίζονται ταυτόχρονα και σχηματίζουν συμπολυμερή των οποίων η μοριακή αλυσίδα αποτελείται από όλα τα χρησιμοποιηθέντα είδη μονομερών.

Συμπολυμερή λαμβάνονται τόσο με αντιδράσεις συμπολυμερισμού, όσο και με χημικές αντιδράσεις μεταξύ ομοπολυμερών.

Οι συνηθέστερες αντιδράσεις συμπολυμερισμού είναι αλυσιδωτές.

Οι τεχνικές διεξαγωγής του πολυμερισμού, με κριτήριο τη μορφή και την κατάσταση του αντιδρώντος μονομερούς, διακρίνονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

α) Πολυμερισμός μάζας.

Η αντίδραση, σταδιακή ή αλυσιδωτή, πραγματοποιείται σε μάζα καθαρού μονομερούς σε υγρή κατάσταση.

Είναι η παλαιότερη μέθοδος πολυμερισμού, με μικρές απαιτήσεις εγκαταστάσεων.

β) Πολυμερισμός διαλύματος.

Η αντίδραση πραγματοποιείται σε ομοιογενές μίγμα μονομερούς-διαλύτη.

Εφαρμόζεται ευρέως στην περίπτωση σταδιακών αντιδράσεων, με χαρακτηριστικότερες εκείνες της παραγωγής ρητινών φαινόλης-φορμαλδεΐδης, ουρίας-φορμαλδεΐδης και μελανίνης-φορμαλδεΐδης.

Στην περίπτωση αλυσιδωτών αντιδράσεων, προσοχή πρέπει να δίνεται στην επιλογή του κατάλληλου διαλύτη,

γ) Πολυμερισμός αιωρήματος.

Η αντίδραση λαμβάνει χώρα σε διφασικό σύστημα υγρών.

Το μονομερές είναι η διάσπαρτη φάση και φέρεται υπό μορφή σταγονιδίων, σε νερό ή υδατικό διάλυμα.

Το πολυμερές λαμβάνεται ως στερεή διάσπαρτη φάση.

δ) Πολυμερισμός γαλακτώματος.

Ο πολυμερισμός διεξάγεται σε διφασικό σύστημα, στο οποίο το μονομερές βρίσκεται υπό τη μορφή γαλακτώματος σε υδατική φάση.

Μετά το πέρας της αντιδράσεως, το πολυμερές προϊόν παραλαμβάνεται επίσης υπό μορφή γαλακτώματος.

Η παραγωγή πολυμερικών προϊόντων περιλαμβάνει τρεις φάσεις:

α) Παραγωγή πολυμερούς σε αντιδραστήρες από τα αντίστοιχα μονομερή, χρησιμοποιώντας μία από τις ανωτέρω τεχνικές πολυμερισμού.

β) Ανάμιξη του πολυμερούς με διάφορα πρόσθετα για βελτίωση συγκεκριμένων ιδιοτήτων του (φυσικών, ρεολογικών, κλπ)

γ) Μορφοποίηση του τελικού προϊόντος στο επιθυμητό σχήμα.

5.4 Δομή πολυμερών

5.4.1 Ατομική διευθέτηση στα πολυμερή

5.4.1.1 Ατομικοί δεσμοί

Μεταξύ γειτονικών μορίων, όποια και αν είναι η μάζα τους, αναπτύσσονται δυνάμεις οφειλόμενες σε μοριακές αλληλεπιδράσεις.

Στις ενώσεις της ανόργανης χημείας, οι αλληλεπιδράσεις αυτές δεν παίζουν σπουδαίο ρόλο, λόγω της μικρής ισχύος των αναπτυσσομένων δυνάμεων και για το λόγο αυτό, χαρακτηρίζονται ως δευτερεύοντες δεσμοί.

Στην περίπτωση όμως των μακρομορίων, όπου ο αριθμός των δομικών μονάδων είναι της τάξεως των μερικών χιλιάδων, κάθε μόριο υφίσταται την επίδραση ενός μεγάλου αριθμού δράσεων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της πολυπλοκότητας των δεσμών σε ένα μακρομόριο αποτελεί το γεγονός ότι η απαραίτητη ενέργεια θραύσεως όλων των δευτερευόντων δεσμών είναι κατά πολύ υψηλότερη της ενέργειας ομοιοπολικού δεσμού.

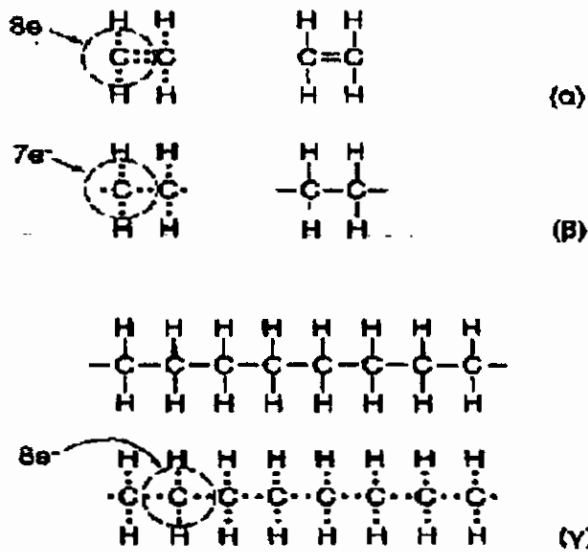
Στα πολυμερή αναπτύσσονται τρία είδη χημικών δεσμών:

α) Ομοιοπολικοί δεσμοί.

Οι ομοιοπολικοί δεσμοί κυριαρχούν κατά μήκος του κύριου άξονα της πολυμερικής αλυσίδας και είναι πολύ ισχυροί.

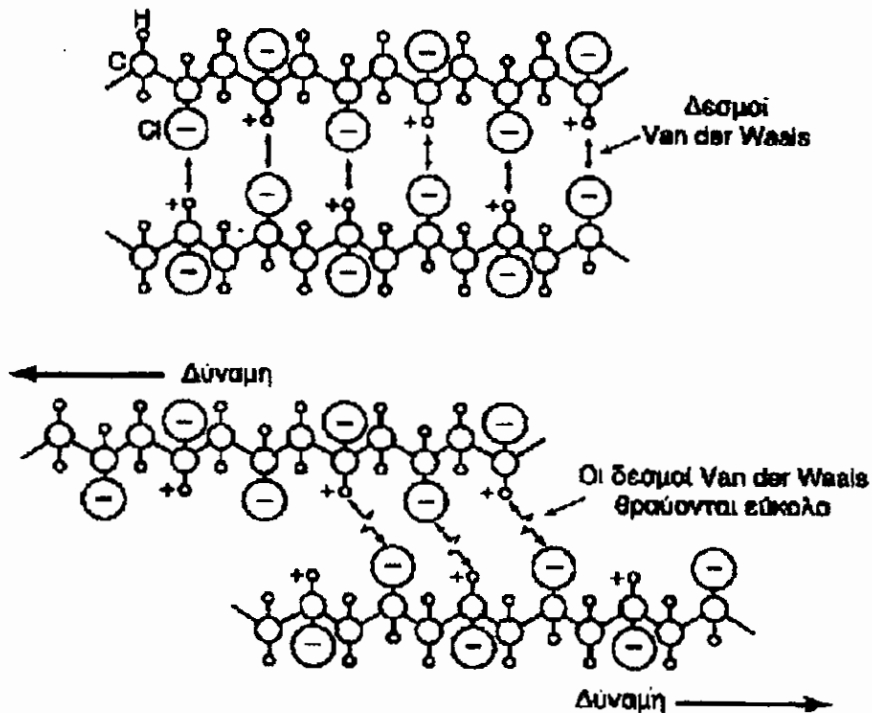
Προκύπτουν από την αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων μεταξύ δύο ατόμων, οπότε δημιουργείται σταθερή, κοινή ηλεκτρονική οκτάδα ανά άτομο.

Ο δεσμός είναι εντοπισμένος και κατευθυνόμενος (σχήμα 5).



Σχήμα 5 : Ηλεκτρονική κατανομή στο αιθυλένιο (α), στο αιθύλιο (β) και στην ανθρακική αλυσίδα του πολυαιθυλενίου

β) Δεσμοί Van der Waals μεταξύ των μακρομορίων (σχήμα 6).



Σχήμα 6 : (α) Ανάπτυξη δεσμών Van der Waals μεταξύ των μοριακών αλυσίδων του πολυμερούς . (β) Με την εφαρμογή διατμητικής τάσεως , οι δεσμοί αυτοί θραύονται εύκολα .

Πρόκειται για ασθενείς δεσμούς , ηλεκτροστατικής φύσεως , οι οποίοι είναι ανάλογοι του αντίστροφου της έκτης δύναμης της απόστασης μεταξύ δίπολων (r^{-6}).

Η ενέργεια των δεσμών αυτών κυμαίνεται από 2 έως 17 kJ/mol.

Αναπτύσσονται μεταξύ των μακρομορίων , αλλά η δράση τους είναι μεγαλύτερης σημασίας σε πολυμερή χωρίς πολικές ομάδες , π.χ. πολυβουταδιένιο , πολυαιθυλένιο , κλπ.

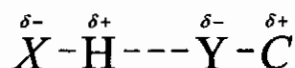
γ) δεσμοί υδρογόνου ή γέφυρες υδρογόνου.

Είναι και αυτοί δεσμοί ηλεκτροστατικής φύσεως , και οφείλονται στην έλξη δίπολων.

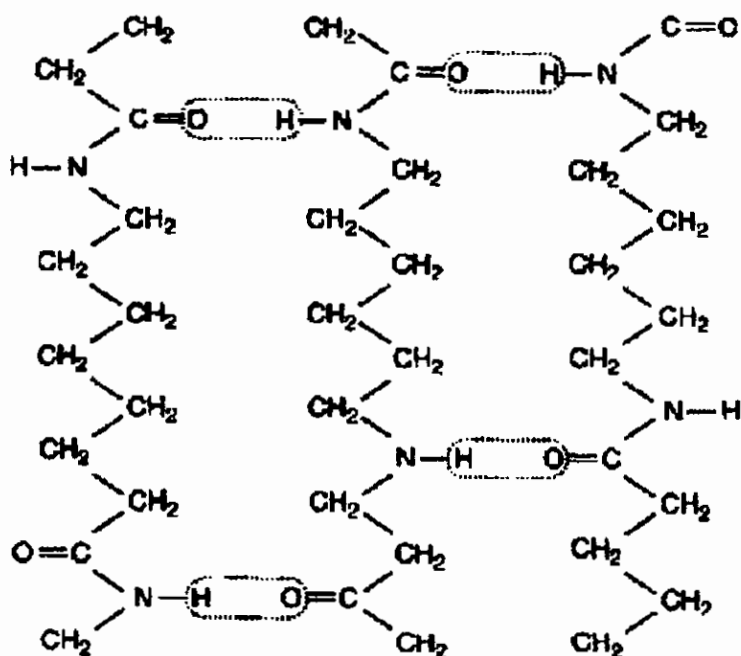
Αναπτύσσονται μεταξύ ενός ατόμου υδρογόνου , που αποτελεί το θετικό πόλο ενός δίπολου (H-X) , και ενός δευτέρου ατόμου (Y) μεγάλης ηλεκτραρνητικότητας (π.χ. F, O, N) ενωμένου με άτομο άνθρακα.

Πρόκειται δηλαδή για "γέφυρα" μεταξύ δύο ατόμων , και μπορεί να λαμβάνει χώρα ενδομοριακά , αλλά και διαμοριακά.

Η ενέργεια του δεσμού είναι της τάξεως των 40 kJ/mol. Σχηματικά ο δεσμός υδρογόνου έχει τη μορφή :



Στα τέλη της δεκαετίας του '20 , ο W.H. Carothers συνέθεσε το πολυαμίδιο Nylon 6.6, στο μακρομόριο του οποίου αναπτύσσονται πολλαπλοί δεσμοί υδρογόνου (σχήμα7).



Σχήμα 7 : Πολλαπλές γέφυρες υδρογόνου στο μακρομόριο του Nylon 6.6

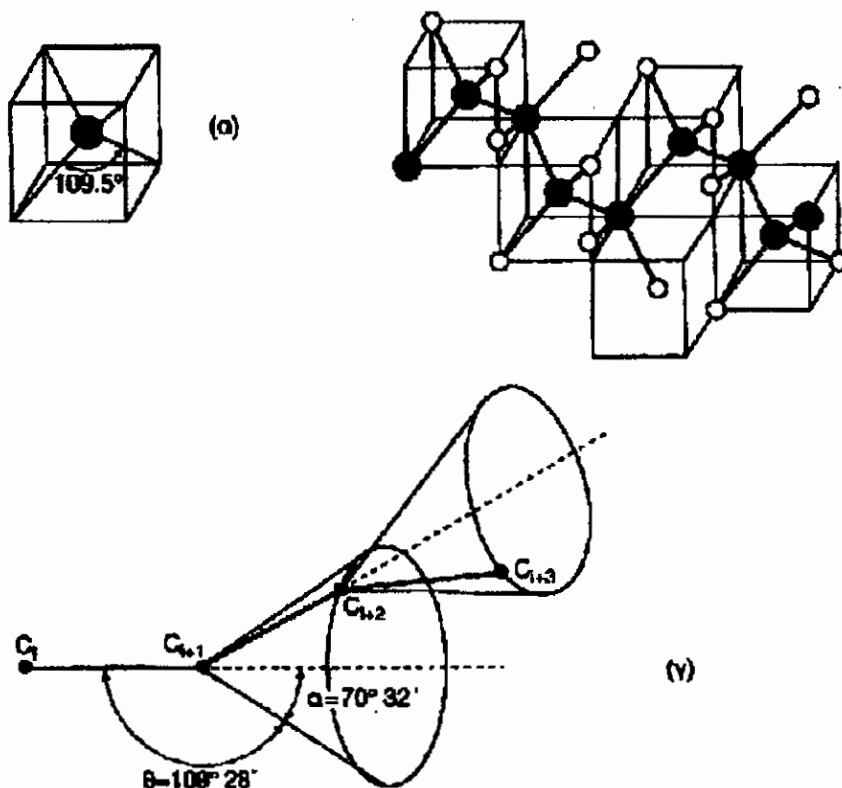
5.4.1.2 Σχηματισμός αλυσίδας πολυμερούς

Κατά τις αντιδράσεις πολυμερισμού ο ακόρεστος διπλός δεσμός του μονομερούς "σπάει" σε απλό, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση δύο μονάδων συγγενείας μέσω των οποίων πραγματοποιείται η πλευρική σύνδεση μεταξύ των ενεργοποιημένων μονομερών προς σχηματισμό της πολυμερικής αλυσίδας.

Ας εξετάσουμε την απλούστερη περίπτωση σχηματισμού πολυαιθυλενικής αλυσίδας με πολυμερισμό αιθυλενίου (σχήμα 5).

Όπως είναι γνωστό, το αιθυλένιο περιέχει διπλό δεσμό (σ και π), μήκους 1.34 Å, γύρω από τον οποίο είναι αδύνατη η περιστροφή των δύο ατόμων άνθρακα του μορίου.

Η ενέργεια σχηματισμού του διπλού δεσμού ανέρχεται σε 146 kcal/mol και ισούται με το άθροισμα των ενεργειών σχηματισμού του π (64 kcal/mol) και του σ (82 kcal/mol) δεσμού. Κατά τον πολυμερισμό, ο αδύνατος δεσμός π "σπάει" και ο εναπομείναν απλός δεσμός (σ) επιμηκύνεται φτάνοντας τα 1,54 Å



Σχήμα 8 : (α) Τετραδική δομή άνθρακα . (β) Δομή ανθρακικών τετραέδρων της πολυαιθυλενικής αλυσίδας .
 (γ) Τέσσερα , τυχαία , διαδοχικά άτομα άνθρακα σε πολυμερική αλυσίδα

Κάθε άτομο άνθρακα καταλαμβάνει το κέντρο τετραεδρικής πυραμίδας (σχήμα 8α) , οι κορυφές της οποίας καταλαμβάνονται από άλλα άτομα υδρογόνου και άνθρακα , προκειμένου να σχηματιστεί η πολυμερική αλυσίδα (σχήμα 8β).

Τα άτομα του άνθρακα μπορούν τώρα να περιστραφούν ελεύθερα γύρω από τον απλό δεσμό C-C.

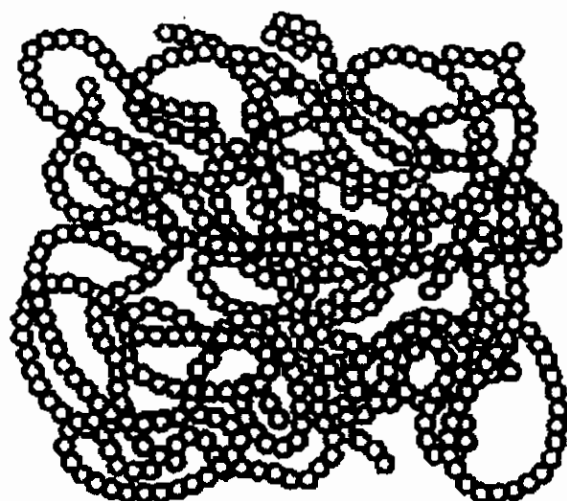
Στο σχήμα 8γ , το άτομο C_{i+2} μπορεί να διαγράψει την περιφέρεια βάσεως κώνου , η ημιγωνία (α) της κορυφής του οποίου , είναι παραπληρωματική της γωνίας θ .

Από τη γεωμετρία των τετραέδρων του άνθρακα , η τιμή της γωνίας θ υπολογίζεται σε $109^\circ 28'$.

Σκεπτόμενοι με τον ίδιο τρόπο για το άτομο C_{i+3} , αυτό έχει διπλάσιες θέσεις όπου πιθανόν να βρεθεί , από ότι το άτομο C_{i+2} , αν εξεταστούν και τα δύο ως προς το άτομο C_{i+1} .

Αν λάβει κανείς υπόψη του την πληθώρα των δεσμών C-C σε ένα μόριο πολυμερούς , γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η πιθανότητα ευθύγραμμης πολυμερικής αλυσίδας είναι , ουσιαστικά , ανύπαρκτη.

Το μόριο του πολυμερούς περιστρέφεται , αναδιπλώνεται , αλλάζει , γενικά , διευθύνσεις , γι' αυτό και πολλοί το χαρακτηρίζουν ως "spaghetti-like" (σχήμα 9).



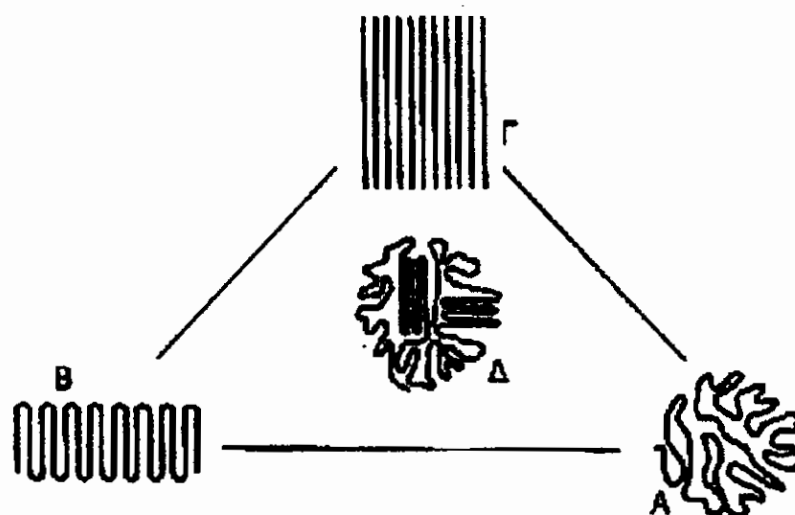
Σχήμα 9 : Αλυσίδα πολυμερούς , όπου οι δομικές μονάδες παρίστανται σαν σφαίρες

5.4.2 Μικροδομή πολυμερών

Ως προς τη μικροδομή τους τα πολυμερή διακρίνονται σε άμορφα και σε κρυσταλλικά.

Καθοριστικής σημασίας για την παραλαμβανόμενη δομή είναι ο ρυθμός ψύξης τήγματος πολυμερούς

Στο σχήμα 10 φαίνονται οι χαρακτηριστικές μορφολογίες δομής των πολυμερών υλικών.



Σχήμα 10 : Σχηματική παράσταση χαρακτηριστικών δομών : άμορφο (Α) , κρυσταλλικό (Β και Γ) , και πολυμερές μικτής δομής (Δ)

5.4.2.1 Άμορφα πολυμερή

Για μεγάλες ταχύτητες απόψυξης , οι πολυμερικές αλυσίδες δεν προλαβαίνουν να διευθετηθούν και στερεοποιούνται δίνοντας υλικό άμορφο (σχήμα 10Α).

Γενικά , με την αύξηση της ταχύτητας απόψυξης , αυξάνεται το κλάσμα άμορφων περιοχών , στη μάζα του πολυμερούς (σχήμα 10Δ).

Η δομή των άμορφων πολυμερών είναι θεωρητικά συγκρίσιμη εκείνης των υγρών και χαρακτηρίζεται από έλλειψη τάξεως μεγάλης κλίμακας.

Εν θερμό οι μακριές αλυσίδες των γραμμικών πολυμερών μπορούν εύκολα να γλιστρήσουν η μία πάνω στην άλλη.

Με τον τρόπο αυτό , το πολυμερές παίρνει τη μορφή υγρού περισσότερο ή λιγότερο παχύρρευστου.

Κατά τη διάρκεια της ψύξης , η κινητικότητα αυτή , μειώνεται και οι μακρομοριακές αλυσίδες δεν μπορούν να γλιστρήσουν μεταξύ τους.

Το πολυμερές μεταβαίνει σταδιακά από την υγρή φάση στην άμορφη στερεή.

Η θερμοκρασία στην οποία συμβαίνει η μετάβαση αυτή ονομάζεται θερμοκρασία υαλώδους μεταπτώσεως (T_g , glass transition temperature) , και αποτελεί την κρίσιμη θερμοκρασία πάνω από την οποία το πολυμερές συμπεριφέρεται ελαστικά , χωρίς καθόλου ψάθυρότητα. ενώ κάτω από αυτήν , είναι πολύ εύθραυστο και η μηχανική του συμπεριφορά ομοιάζει αυτής του γυαλιού.

Η θερμοκρασία υαλώδους μεταπτώσεως , στην περίπτωση του πολυαιθυλενίου είναι $-120\text{ }^\circ\text{C}$, των ελαστικών αυτοκινήτου (πολυισοπρένιο) είναι $-70\text{ }^\circ\text{C}$, του πολυπροπυλενίου είναι $-18\text{ }^\circ\text{C}$, του PVC $82\text{ }^\circ\text{C}$, κλπ.

Δυσκίνητες πλευρικές ομάδες ατόμων στον κύριο άξονα της αλυσίδας , διακλαδώσεις καθώς και αναδιπλώσεις της πολυμερικής αλυσίδας εμποδίζουν την κρυστάλλωση του πολυμερούς.

5.4.2.2 Κρυσταλλικά πολυμερή

Όταν ο ρυθμός απόψυξης είναι πολύ μικρός , οι αλυσίδες έχουν το χρόνο να διευθετηθούν σε διατάξεις παράλληλες μεταξύ τους και με τη στερεοποίηση να δώσουν κρυσταλλικό πολυμερές.

Ο μέγιστος βαθμός κρυστάλλωσης υπολογίζεται μεταξύ 80 και 90%.

Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι η έννοια της κρυσταλλικότητας στα πολυμερή δεν ταυτίζεται με την έννοια της κρυσταλλικότητας των μεταλλικών υλικών.

Κρυσταλλικό πολυμερές λαμβάνεται όταν ο ρυθμός ψύξης τήγματος πολυμερούς είναι τέτοιος που να επιτρέπει τη διευθέτηση των μακρομοριακών αλυσίδων σε διατάξεις περιοδικά επαναλαμβανόμενες.

Οι δομές (B) και (Γ) του σχήματος 10 είναι ανισότροπες και συχνά καλούνται παρακρυσταλλικές.

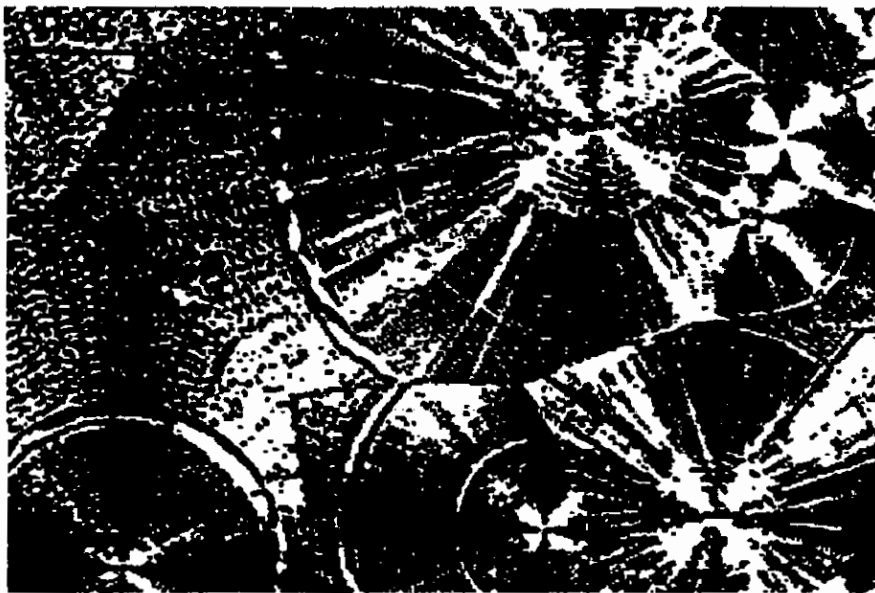
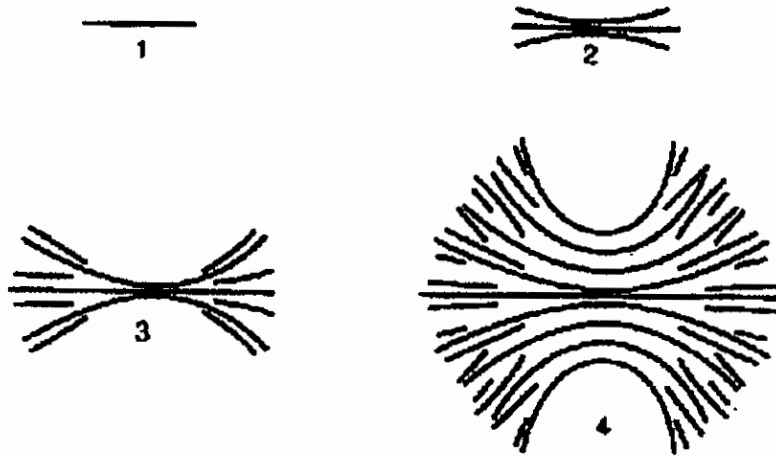
Εξάλλου έχει παρατηρηθεί ότι κρύσταλλοι PE , παραγόμενοι με βραδεία ψύξη από αραιό διάλυμα , εμφανίζουν τη δομή διπλωμένων αλυσίδων (B).

Συνήθως , ένα κρυσταλλικό πολυμερές έχει μικτή δομή (Δ) από κρυσταλλίτες , τους οποίους περιβάλλουν τυχαία διευθετημένα μακρομόρια (άμορφο μέρος).

Πολυμερή υψηλού βαθμού κρυσταλλικότητας , κατά την ελεύθερη στερεοποίησή τους δίνουν κρυσταλλίτες υπό τη μορφή σφαιρών που ονομάζονται σφαιρουλίτες (spherulites).

Το κλάσμα μάζας της κρυσταλλικής ύλης φτάνει μέχρι και 90%.

Η τελική δομή του πολυμερούς μοιάζει με αυτή των κόκκων που παρατηρούνται στα μεταλλικά υλικά.



Σχήμα 11 : (α) Ανάπτυξη μεμονωμένου σφαιρουλίτη. Περιγράφει με ικανοποιητικό τρόπο την ανάπτυξη σφαιρουλιτών πολυστυρενίου . (β) Μικρογραφία σφαιρουλιτών πολυαιθυλενίου .

Στο σχήμα 11 α , φαίνεται η ανάπτυξη μεμονωμένου σφαιρουλίτη από αρχικό επίμηκες "φύτρο" (1) , του οποίου η μεγέθυνση γίνεται μέσω ενδιάμεσων δομών που θυμίζουν δεμάτι (2 και 3).

Οι "κλώνοι" αυτού του σχηματισμού καμπυλώνονται και διανέμονται ακτινικά προς όλες τις κατευθύνεις (4).

Φυσικά ο σφαιρουλίτης που περιγράφηκε είναι ιδανικός.

Στην πραγματικότητα , η στερεοποίηση τήγματος πολυμερούς οδηγεί σε παρεμποδιζόμενη ανάπτυξη ατελών σφαιρουλιτών.

Στο σχήμα 11 β , φαίνονται σε μικρογραφία , σφαιρουλίτες PE.

Οι μεταξύ τους περιοχές είναι άμορφες.

5.4.2.3 Παράγοντες που επιδρούν στη κρυσταλλικότητα των πολυμερών

Οι παράγοντες που επιδρούν στην κρυσταλλικότητα των πολυμερών είναι:

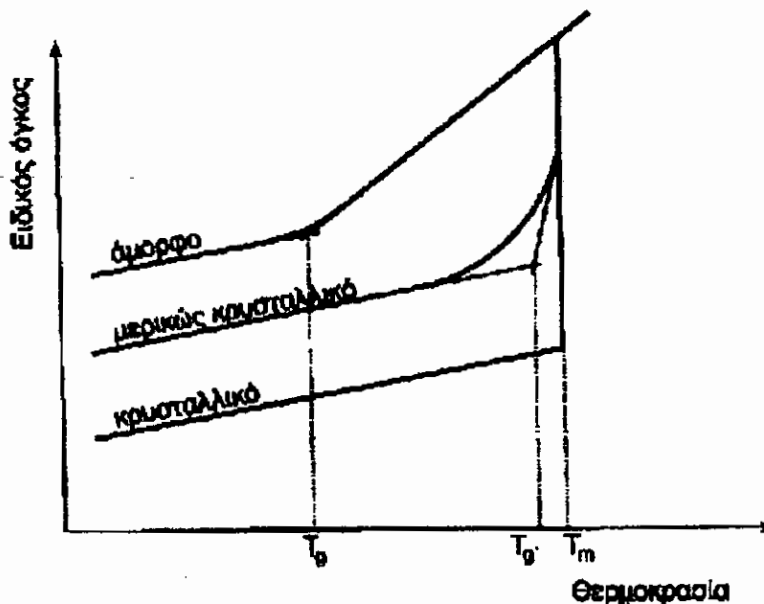
α) Ο ρυθμός απόψυξης

Στο σχήμα 12 παρουσιάζεται η μεταβολή του ειδικού όγκου συναρτήσει της θερμοκρασίας, πολυμερούς υλικού το οποίο στερεοποιήθηκε κάτω από διαφορετικούς ρυθμούς απόψυξης:

1) Για άμορφο πολυμερές παρατηρείται μεταβολή της κλίσεως της καμπύλης στη θερμοκρασία υαλώδους μεταπτώσεως.

2) Ο ειδικός όγκος κρυσταλλικού πολυμερούς μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία όπως αυτός των μετάλλων.

3) Τα μερικώς κρυσταλλικά πολυμερή τέλος, εμφανίζουν ενδιάμεση συμπεριφορά. Ανάλογα με το βαθμό κρυσταλλικότητας του πολυμερούς, η T_g μεταβάλλεται μεταξύ της T_g του 100% άμορφου και της T του 100% κρυσταλλικού πολυμερούς.



Σχήμα 12 : Μεταβολή του ειδικού όγκου με τη θερμοκρασία άμορφου, μερικώς κρυσταλλικού και κρυσταλλικού πολυμερούς.

Μεταξύ της θερμοκρασίας υαλώδους μεταπτώσεως (T_g) και του σημείου τήξεως (T_m) έχουν βρεθεί κάποιες εμπειρικές σχέσεις ανά κατηγορία πολυμερούς

1) $T_g = 0,50 T_m$, για ομοπολυμερή συμμετρικών αλυσίδων π.χ. PE,
 $T_g = 0,74 T_m$, για μη συμμετρικά ομοπολυμερή π.χ. PS

2) $T_g > 0,74 T_m$, για συμπολυμερή τυχαίας κατανομής, $T_g < 0,50 T_m$, για εναλλασσόμενα συμπολυμερή

β) Η αρχιτεκτονική των αλυσίδων

1) Η συμμετρία των αλυσίδων ως προς τον άξονά τους και η κατά το δυνατόν απλούστερη μοριακή δομή , π.χ. το πολυαιθυλένιο.

2) Η κανονικότητα της δομής της αλυσίδας τον πολυμερούς και η έλλειψη συμμετρικών πλευρικών κλάδων ή διακλαδώσεων.

3) Η παρουσία δευτερευόντων δεσμών μεταξύ των αλυσίδων , π.χ. Nylon.

γ) Ο βαθμός πολυμερισμού.

Με την αύξηση τον βαθμού πολυμερισμού μειώνεται η κρυσταλλικότητα τον πολυμερούς.

δ) Αν το πολυμερές θερμανθεί δευτερογενώς , δηλαδή μετά τη μορφοποίησή του , σε θερμοκρασία χαμηλότερη της T_m , η προσφερόμενη θερμική ενέργεια ενεργοποιεί την πυρηνοποίηση των κρυστάλλων και συνεπώς , ευνοεί την κρυστάλλωση.

ε) Η άσκηση μηχανικής καταπόνησης , π.χ. εφελκυσμός , εν θερμό σε θερμοκρασίες μεταξύ T_g και T_m , προκαλεί την σχεδόν παράλληλη διευθέτηση των αλυσίδων του πολυμερούς.

Με τον τρόπο αυτό , οι αλυσίδες προσεγγίζουν η μία την άλλη και διευκολύνεται η κρυστάλλωση.

5.5 Ταξινόμηση των πολυμερών

Έχουν προταθεί διάφορα συστήματα ταξινόμησης των πολυμερών , τα οποία στηρίζονται σε κριτήρια προέλευσης , μηχανισμού πολυμερισμού , δομής μηχανικών ιδιοτήτων , κλπ.

α) Ως προς την αρχιτεκτονική της πολυμερικής αλυσίδας διακρίνονται σε:

1) Γραμμικά πολυμερή (linear polymers)

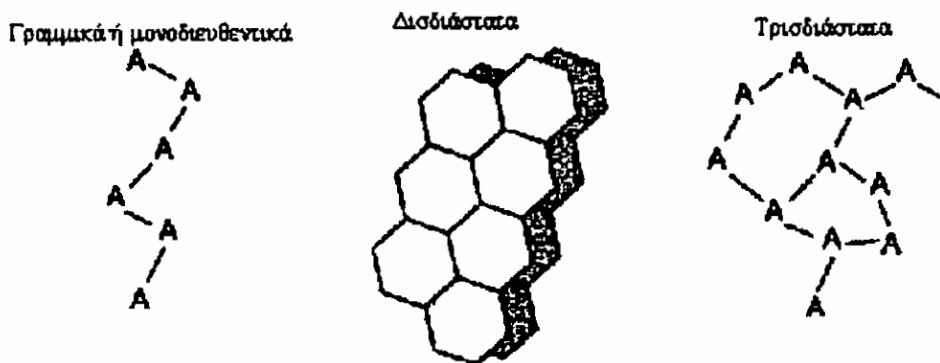
π.χ. πολυαιθυλένιο , πολυστυρένιο , πολυαμίδιο κλπ , (σχήμα 13α).

2) Διακλαδισμένα πολυμερή (branched polymers)

π.χ. συμπολυμερές αιθυλενίου-εξένιου. Αυτά έχουν δυσδιάστατη δομή (σχήμα 13β).

3) Δικτυωτά πολυμερή ή πολυμερή διασταυρούμενων αλυσίδων (network ή crosslinked polymers) π.χ. φορμοφαινόλη , πολυεστέρες , πολυεποξυδικές ενώσεις , πολυουρεθάνες.

Τα γραμμικά πολυμερή μπορούν με γεφύρωση , να αποκτήσουν δικτυωτή δομή που τις περισσότερες φορές εκτείνεται σε τρεις διαστάσεις (σχήμα 13γ)



Σχήμα 13 : Ταξινόμηση των πολυμερών ως προς την αρχιτεκτονική της πολυμερικής αλυσίδας .

β) Ως προς τα επίπεδα οργάνωσης τα πολυμερή διακρίνονται σε:

1) Ομοπολυμερή (homopolymers): Αποτελούνται από ένα μόνο είδος μονομερούς , π.χ. PE , και είναι τύπου:



2) Συμπολυμερή (copolymers): Αποτελούνται συνήθως από δυο είδη μονομερών A και B και ανάλογα με τη διαδοχή των A και B διακρίνονται σε:

i) Τυχαία ή στατιστικά συμπολυμερή (random ή statistic copolymers).

Η κατανομή των A και B στην πολυμερική αλυσίδα είναι τυχαία , π.χ. συνθετικό καουτσούκ.



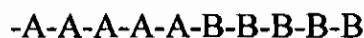
ii) Εναλλασσόμενα συμπολυμερή (alternating copolymers).

Έχουμε εναλλασσόμενη παρουσία των δύο τύπων μονομερών στην πολυμερική αλυσίδα , π.χ. Nylon 6.6.



iii) Τμηματικά συμπολυμερή (block copolymers).

Τα μονομερή A και B μετέχουν στην αλυσίδα του πολυμερούς , κατά τμήματα , σε τυχαία ή περιοδική διαδοχή:



iv) Ενδοφθαλμισμένα συμπολυμερή (graft copolymers).

Το ένα μονομερές (π.χ. το B) αποτελεί πλευρική διακλάδωση στην πολυμερική αλυσίδα , την οποία συνθέτει μόνο το μονομερές A



γ) Ως προς την προέλευσή τους τα πολυμερή διακρίνονται σε

1) Φυσικά πολυμερή (natural polymers) π.χ. μαλλί , μετάξι.

2) Ημισυνθετικά πολυμερή (artificial polymers).

Προκύπτουν από χημικό μετασχηματισμό φυσικών πρώτων υλών , π.χ. νιτροκυτταρίνη , εβονίτης , rayon , cellofan , κλπ.

3) Συνθετικά πολυμερή (synthetic polymers).

Τα μόρια των μονομερών τα οποία τα συνθέτουν δεν υπάρχουν στη φύση, π.χ. χλωριούχο πολυβινύλιο, πολυτετραφθοροαιθυλένιο, Nylon 6, Nylon 6.6, κλπ.

δ) Ως προς τη χρήση τους, τα πολυμερή διακρίνονται σε πολυμερή ευρείας χρήσεως, σε τεχνικά και προηγμένα πολυμερή.

ε) Ως προς τις ιδιότητές τους τα πολυμερή διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες τεράστιας σημασίας για την κατασκευαστική βιομηχανία:

1) Θερμοπλαστικά (thermoplastics).

Αποτελούνται από κυρίως γραμμικά μακρομόρια που με τη θέρμανση μαλακώνουν και ρέουν, λόγω χαλάρωσης των μοριακών δεσμών αφού μορφοποιηθούν αποψύχονται και στερεοποιούνται.

Η διεργασία αυτή είναι αντιστρέψιμη

Τα θερμοπλαστικά είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και τους διαλύτες.

Στα θερμοπλαστικά ευρείας και βιομηχανικής χρήσεως περιλαμβάνονται το πολυαιθυλένιο (PE), το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC), το πολυπροπυλένιο (PP), το πολυστυρένιο (PS), το πολυακρυλονιτρίλιο (PAN), τα πολυαμίδια (Nylon), καθώς επίσης και η οικογένεια των φθοροπολυμερών (πίνακας 6).

2) Θερμοσκληρυνόμενα (thermosets ή thermosetting plastics).

Πρόκειται για δισδιάστατα ή τρισδιάστατα δίκτυα, αποτελούμενα από μικρά, σχετικά μακρομόρια που προέρχονται από την επανάληψη του μονομερούς μερικές εκατοντάδες φορές.

Κατά την ανάμιξη των συστατικών του πολυμερούς (ρητίνη με το αντίστοιχο σκληρυντικό), με ή χωρίς θέρμανση, το πολυμερές σκληραίνει και μορφοποιείται κατά μη αντιστρέψιμο τρόπο.

Τα θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή δεν επιδέχονται περαιτέρω κατεργασία, διότι με την αύξηση της θερμοκρασίας διασπώνται οι δευτερεύοντες δεσμοί, αν και το πολυμερές δεν τήκεται λόγω της ιδιαίτερης δικτυωτής κατανομής των μακρομορίων του.

Συνήθως είναι άμορφα.

Τα κυριότερα θερμοσκληρυνόμενα είναι τα φαινολικά πολυμερή (φαινοπλάστες ή βακελίτες), οι εποξυδικές ρητίνες, οι αμινοπλάστες (ρητίνες ουρίας ή μελαμίνης με φορμαλδεΰδη), οι πολυεστέρες, κλπ (πίνακας 7).

3) Ελαστομερή (elastomers ή rubbers)

Είναι συνήθως γραμμικά πολυμερή με διακλαδισμένες αλυσίδες.

Κατά τη φόρτισή τους μπορούν να υποστούν μεγάλες παραμορφώσεις και να επανέλθουν στο αρχικό τους σχήμα μετά την άρση του φορτίου, ιδιότητα υπερελαστικότητας.

Οι χαρακτηριστικότεροι αντιπρόσωποι των ελαστομερών είναι το ελαστικό κόμμι, το συνθετικό και φυσικό καουτσούκ, το συνθετικό πολυισοπρένιο, το ελαστικό στυρένιοβουταδιένιο, το πολυχλωροπρένιο και οι σιλικόνες (πίνακας 8).

Το καουτσούκ βρίσκει την κυριότερη εφαρμογή του στα λάστιχα των αυτοκινήτων.

Όταν το καουτσούκ θερμανθεί με θείο, υφίσταται βουλκανισμό.

Δημιουργούνται δηλαδή, διασταυρώσεις (cross-linking) μεταξύ των μορίων, οι οποίες ενισχύουν πολύ τη δομή του ελαστικού.

Με τον τρόπο αυτό το ελαστομερές γίνεται σκληρότερο , ανθεκτικότερο και λιγότερο ευαίσθητο σε θερμοκρασιακές μεταβολές.

Η σχέση αναλογίας που υπάρχει ανάμεσα στην περιεκτικότητα του καουτσούκ σε θείο και της βελτίωσης των μηχανικών του ιδιοτήτων , επιτρέπει την παραγωγή καουτσούκ με μεγάλο εύρος ιδιοτήτων.

Μέθοδοι βουλκανισμού χωρίς S , αναπτύχθηκαν για τη δημιουργία διασταυρωμένων αλυσίδων ελαστικών τα οποία δεν έχουν στη δομή τους ακόρεστους δεσμούς , π.χ. πολύ (αιθυλένιο-προπυλένιο) και πολυσιλοξάνια, ή σιλικόνες (silicones).

Η διασταύρωση των αλυσίδων πραγματοποιείται στις ίδιες θερμοκρασίες με εκείνες του βουλκανισμού με S , χρησιμοποιώντας διεγέρτες ελευθέρων ριζών (free radical initiators) και πιο συγκεκριμένα υπεροξειδίων (π.χ. βενζολικά υπεροξειδίο).

Σε κορεσμένα ελαστικά , οι ελεύθερες ρίζες (R') που παράγονται από τους διεγέρτες , αφαιρούν άτομα υδρογόνου από τους δεσμούς C-H της δομής του ελαστικού , προκειμένου να παραχθούν πολυμερικές ρίζες οι οποίες δημιουργούν τις διασταυρώσεις.

Αυτή η μέθοδος βουλκανισμού είναι περισσότερο δαπανηρή και λιγότερο προσιτή σε σχέση με το βουλκανισμό με θείο και δε χρησιμοποιείται ευρέως σε ακόρεστα ελαστικά.

στ) Άλλες κατηγορίες πολυμερών

Λόγω της εξαιρετικά μεγάλης σημασίας τους θα αναφερθούμε και σε δύο άλλες κατηγορίες πολυμερών: τα μίγματα πολυμερών και τα αφρώδη πολυμερή.

Θα μπορούσαμε να τα κατατάξουμε σε κάποια από τις πιο πάνω κατηγορίες , ωστόσο οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν επιβάλλουν μια, διαφορετική προσέγγιση.

1) Μίγματα πολυμερών

α) Κατά τον συμπολυμερισμό μίγματος βουταδιένιου (B) και στυρένιου (S) παράγεται μίγμα μακρομορίων πολυστυρένιου (PS) και ελαστομερούς συμπολυμερούς στυρένιου και βουταδιένιου (BS).

Κατά την απότομη ψύξη το ελαστομερές συμπολυμερές κατακρημνίζεται στη μάζα του υαλώδους-ψαθυρού θερμοπλαστικού (PS).

Η ομοιόμορφη διασπορά λεπτών σωματιδίων του ελαστομερούς στην άμορφη μήτρα του πολυστυρένιου , παίζει το ρόλο ενισχυτικής φάσης , η οποία εμποδίζει τη διάδοση των ρωγμών.

Η ενίσχυση μπορεί να έχει τη μορφή σωματιδίων , τριχιδίων ή φυλλιδίων.

β) Με συμπολυμερισμό παράγεται άλλο ένα πολύ γνωστό σύνθετο αυτής της κατηγορίας: το ABS.

Πρόκειται για, το προϊόν του συμπολυμερισμού ακρυλονιτρίλιου , βουταδιένιου και στυρένιου.

Το ρόλο της μήτρας του συνθέτου παίζει το συμπολυμερές στυρένιου-ακρυλονιτρίλιου (SAN).

Το συμπολυμερές στυρένιου-βουταδιενίων (BS) αποτελεί και πάλι την ενισχυτική φάση (σχήμα 14).

2) Αφρώδη πολυμερή υλικά

Τα αφρώδη πολυμερή (cellular solids ή foams) μπορούν να θεωρηθούν ως σύνθετα υλικά στα οποία η ενισχυτική φάση βρίσκεται σε αέρια κατάσταση.

Συνήθως πρόκειται για έναν κυψελοειδή σκελετό πολυμερούς, στον οποίο βρίσκονται εγκλωβισμένες φυσαλίδες αερίου (κυρίως CO₂). Τα αφρώδη πολυμερή έχουν σπογγώδη μορφή και συναντώνται άφθονα και στη φύση π.χ. ξύλο, φελλός, κοράλλι.

ΠΟΛΥΜΕΡΕΣ	ΜΟΝΟΜΕΡΕΣ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ-ΧΡΗΣΕΙΣ
Πολυαιθυλένιο, PE Μερικώς κρυσταλλικό	H H C C H H	Σωλήνες, films, φιάλες Κύπελλα, ηλεκτρικές μονώσεις, συσκευασία
Πολυπροπυλένιο, PE Μερικώς κρυσταλλικό	H H C C H CH ₃	Έχει τις ίδιες εφαρμογές με του PE, αλλά είναι ελαφρύτερο, στιβαρότερο και ανθεκτικότερο στην ηλιακή ακτινοβολία
Πολυτετραφθοροαιθυλαίνιο, PTFE Μερικώς κρυσταλλικό	F F C C F F	Teflon: έχει καλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλό συντελεστή τριβής. Αντικολλητικές επενδύσεις τηγανιών, σφραγίδες, κ.τ.λ
Πολυστηρένιο, PS Άμορφο	H H C C H C ₆ H ₅	Φθηνά προϊόντα χύτευσης. Μορφοποιείται και σε αφρώδες πολυμερές για υλικά συσκευασίας
Χλωριούχο πολυβινύλιο, PVC Άμορφο	H H C C H Cl	Πλαίσια παραθύρων, Δίσκοι γραμμοφώνων, Απομμήσεις δέρματος για ενδύματα κ.τ.λ.
Πολυμεθυλομεθυλακρυλικό, PMMA Άμορφο	H H C C H COOCH ₃	Διαφανή φύλλα και άλλα προϊόντα. Παράθυρα αεροσκαφών, οικιών, κ.τ.λ
Nylon 6,6 Nylon 6 Nylon 610 Nylon 11 Μερικώς κρυσταλλικό μετά από ινοποίηση	C ₁₂ H ₂₂ N ₂ O ₂ C ₆ H ₁₁ NO C ₁₆ H ₃₀ N ₂ O ₂ C ₁₁ H ₂₁ NO	Έχουν άριστη εγχύση, καλές μηχανικές ιδιότητες, διαστασιακή σταθερότητα, χαμηλή διαπερατότητα από αέρα και ατμός Χρησιμοποιείται για κατασκευή αντικειμένων ηλεκτρολογικής χρήσεως (διακόπτες, πρίζες, κ.τ.λ), ταπήτων, δικτυωτών ελαστικών, μελανοταινιών, χειρουργικών νημάτων, συνθετικών υφάνσιμων ινών με απεριόριστες εφαρμογές στην υφαντουργία.

(Πίνακας 6 : Τα κυριότερα θερμοπλαστικά πολυμερή και οι χρήσεις τους .)

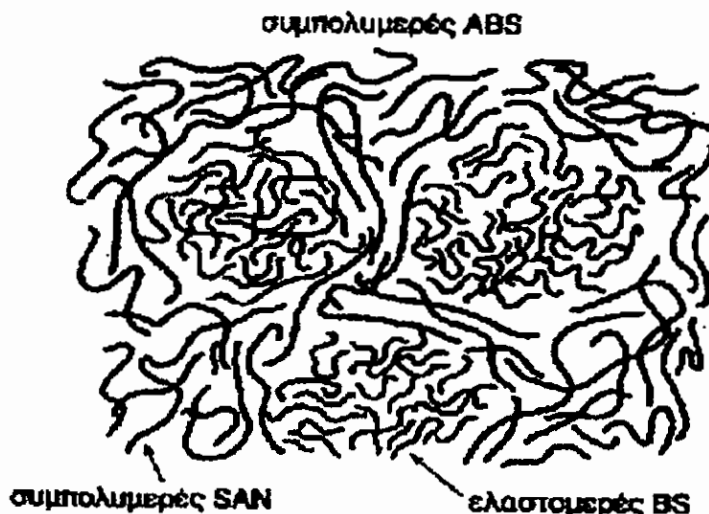
ΠΟΛΥΜΕΡΕΣ	ΜΟΝΟΜΕΡΕΣ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ-ΧΡΗΣΕΙΣ
Εποξυδική ρητίνη Άμορφο	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \text{OC}_6\text{H}_4\text{CC}_6\text{H}_4\text{OCH}_2\text{CHCH}_2 \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Μήτρα σύνθετων υλικών Συστατικό για κόλλες (Araldite) Είναι ακριβό υλικό
Πολυεστέρας Άμορφο	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{CH}_2\text{OH} \\ \text{C}(\text{CH}_2)_m\text{COC} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	Μορφοποιείται εύκολα Σύνθετα υλικά, κόλλες Μορφοποιείται εύκολα σε λεπτά φύλλα Μπορούν να δώσουν αφρώδη πολυμερή (πολυουρεθάνη) Είναι φθηνότερο της εποξυδικής ρητίνης
Ο πολυμερισμός φαινολών και αλδευδών δίνει φαινοπλάστες ή βακελίτες (resoles, novalcs etc.) Πρόκειται για άμορφα πολυμερή		Έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες, αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες(200-300 °C) διαστασιακή σταθερότητα κ.τ.λ Χρησιμοποιούνται για κατασκευή δαπέδων αντοχής, για ηλεκτρολογικές εφαρμογές, για τη κατασκευή αφρωδών πολυμερών και του βασικού υποστρώματος διακοσμητικών φύλλων Formica.
Ο συμπολυμερισμός φορμαλδευης με ουρία ή με μελαμίνη δίνει πολυμερές ουρίας και πολυμερές μελαμίνης, αντίστοιχα. Τα παραγόμενα πολυμερή είναι άμορφα και ανήκουν στην οικογένεια των αμινοπλαστών.		Υστερούν σε μηχανικές ιδιότητες σε σχέση με τους φαινοπλάστες, όμως υστερούν σε διαφάνεια. Βρίσκουν ευρύτατη εφαρμογή στη κατασκευή επιτραπέζιων ειδών, τη παραγωγή συγκολλητικών και υλικών προστατευτικών επικαλύψεων. Επικάλυψη φύλλων κόντρα πλακέ και βακελίτη με φύλλο αμινοπλάστη ουρίας, παρέχει το διακοσμητικό υλικό Formica.

(Πίνακας 7 : Τα κυριότερα θερμοσκληρηνόμενα και οι χρήσεις τους .)

ΠΟΛΥΜΕΡΕΣ	ΜΟΝΟΜΕΡΕΣ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ-ΧΡΗΣΕΙΣ
Πολυισοπρένιο Άμορφο, με τάση προσανατολισμού σε μεγάλες παραμορφώσεις	$\begin{array}{cccc} \text{H} & & & \text{H} \\ \text{C} & \text{C} & \text{C} & \text{C} \\ \text{H} & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} \end{array}$	Φυσικό ελαστικό
Πολυβουταδιένιο Άμορφο, με τάση προσανατολισμού σε μεγάλες παραμορφώσεις	$\begin{array}{cccc} \text{H} & & & \text{H} \\ \text{C} & \text{C} & \text{C} & \text{C} \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	Συνθετικό ελαστικό με εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία
Πολυχλωροπρένιο Άμορφο, με τάση προσανατολισμού σε μεγάλες παραμορφώσεις	$\begin{array}{cccc} \text{H} & & & \text{H} \\ \text{C} & \text{C} & \text{C} & \text{C} \\ \text{H} & \text{H} & \text{Cl} & \text{H} \end{array}$	Ελαστικό ανθεκτικό σε έλαια. Χρησιμοποιείται για τη κατασκευή σφραγίδων.
Πολυισοβουτυλένιο	$\begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{CH}_3 \\ & \text{C} & \text{H} \\ & \text{H} & \text{CH}_3 \end{array}$	Χρησιμοποιείται για τη κατασκευή σωλήνων, μονωτικών, επιστρωμάτων
Πολυσιλοξάνια ή σλικόνες	$\begin{array}{ccc} \text{CH}_3 & & \\ \text{Si} & & \text{O} \\ \text{CH}_3 & & \end{array}$	Κατασκευή πωμάτων και δακτυλίων σε συστήματα κυκλοφορίας θερμού αέρα, στεγανό κλείσιμο θυρών και παραθύρων. Μόνωση ηλεκτρικών καλωδίων σε πλοία, ως μονωτικά θερμαντικών στοιχείων, για τη μεταφορά καλωδίων μεταφοράς ισχυρών ρευμάτων, κ.τ.λ

(Πίνακας 8 : Τα κυριότερα ελαστομερή και οι χρήσεις τους)

Τόσο τα φυσικά όσο και τα τεχνητά αφρώδη χρησιμοποιούνται ως μονωτικά υλικά. Ελαστομερή αφρώδη χρησιμοποιούνται ως υλικά συσκευασίας ευαίσθητων οργάνων και για οικιακό εξοπλισμό (μαξιλάρια , στρώματα , κλπ). Αφρώδη πολυμερή πολυουρεθάνης χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προφυλακτών αυτοκινήτων.



Σχήμα 14 : Ο συμπολυμερισμός ακρυλονιτριλίου , βουταδιένιου και στυρένιου οδηγεί στο σχηματισμό του συμπολυμερούς ABS , με διακεκριμένες φάσεις τα συμπολυμερή SAN και BS .

5.6 Ιδιότητες των πολυμερών

Οι ιδιότητες του πολυμερούς εξαρτώνται από τη φύση του μονομερούς , τις συνθήκες παραγωγής του , το μήκος της μοριακής αλυσίδας και το μοριακό βάρος του πολυμερούς.

5.6.1 Φυσικές ιδιότητες πολυμερών

Τέσσερις είναι οι ιδιότητες των πολυμερών και έχουν να κάνουν με την πυκνότητα , την θερμότητα , τον ηλεκτρισμό και τέλος τις διάφορες οπτικές ιδιότητες που παρουσιάζουν .

Με αυτή τη σειρά θα τα δούμε και εμείς .

5.6.1.1. Πυκνότητα πολυμερών

Τα πολυμερή υλικά είναι ελαφρά , δηλαδή έχουν χαμηλή πυκνότητα , γεγονός που οφείλεται κατά κύριο λόγο στα μικρά ατομικά βάρη των στοιχείων H , C που συνθέτουν κυρίως , τις μακρομοριακές αλυσίδες .

ΥΛΙΚΟ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (g/cm ³)	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ (MPa)	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (MPa cm ³ /g)
Χάλυβας 0,10% C	7,80	450	58
Ντουραλουμίνιο	2,80	350	125
Ορείχαλκος (Cu-30% Zn)	8,30	400	48
Nylon 6.6	1,12	80	72
Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE)	0,96	30	30
ABS	1,10	45	41

(Πίνακας 9 :Πυκνότητα, αντοχή σε εφελκυσμό και ειδική αντοχή για διάφορα υλικά.)

Τα κρυσταλλικά πολυμερή παρουσιάζουν μεγαλύτερη πυκνότητα από τα άμορφα λόγω κανονικότερης, άρα και πιο πυκνής, διάταξης των αλυσίδων.

Η παρουσία συμμετρικών διακλαδώσεων ευνοεί την κρυστάλλωση και άρα αυξάνει την πυκνότητα.

Ομοίως δρα και η προσθήκη ενισχυτικών υλικών σε πολυμερείς μήτρες, όπως π.χ. ίνες γυαλιού σε μήτρα πολυαμιδίου ή πολυανθρακική.

Τα ελαφρύτερα πολυμερή είναι τα θερμοπλαστικά και από αυτά τη μικρότερη πυκνότητα έχει το πολυπροπυλένιο (0,85-0,92 g/cm³).

Την υψηλότερη πυκνότητα παρουσιάζουν τα πολυμερή στη μοριακή αλυσίδα των οποίων μετέχουν άτομα αλογόνων.

Η αντοχή σε εφελκυσμό ($\sigma_{\tau\epsilon}$) των πολυμερών είναι χαμηλή σε σχέση με αυτή των μεταλλικών και των κεραμικών υλικών, αλλά αυτό που τα κάνει ανταγωνίσιμα με τα μέταλλα κυρίως, είναι η τιμή της ειδικής αντοχής ($\sigma_{\tau\epsilon} / \rho$), (πίνακας 9).

5.6.1.2 Θερμικές ιδιότητες πολυμερών

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΗΜΟΤΗΤΑ (W/m °C)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ (10 ⁻⁶ °C ⁻¹)	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (kJ/Kg °C)
LDPE	0,33	110-130	2,26
PVC	0,12-0,30	50-180	0,84-1,25
PS	0,10-0,14	60-80	1,340
PTFE	0,25	100	1,045
PC	0,19	70	1,250
PMMA	0,17-0,25	50-90	1,460
Nylon 6.6	0,25	100-150	1,670
Φαινοπλάστες	0,13-0,26	25-60	1,20-2,40
Γυαλί	1,25	3-4	0,71-0,84
Σίδηρος	55	11-12	0,440

(Πίνακας 10 : Θερμικές ιδιότητες χαρακτηριστικών πολυμερών.)

α) Η θερμική αγωγιμότητα (k , thermal conductivity) των πολυμερών είναι πολύ μικρή, λόγω της απουσίας διηγεμένων ηλεκτρονίων στη δομή τους. Για το λόγο αυτό, τα πολυμερή βρίσκουν εφαρμογές και ως θερμομονωτικά υλικά, π.χ. πολυουρεθάνη, PS, PVC.

β) Ο συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής (α_l , linear thermal expansion coefficient) αυξάνεται όταν η ένταση των δεσμών είναι χαμηλή.

Η παρουσία δευτερευόντων χαλαρών δεσμών στα πολυμερή υλικά, τους προσδίδει μεγάλο α_l .

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση συνθέτων υλικών μετάλλου-πολυμερούς, τα οποία μπορεί να οδηγηθούν σε αστοχία κατά τη θέρμανση-απόψυξη τους, λόγω του πολύ διαφορετικού α_l των δυο συστατικών τους.

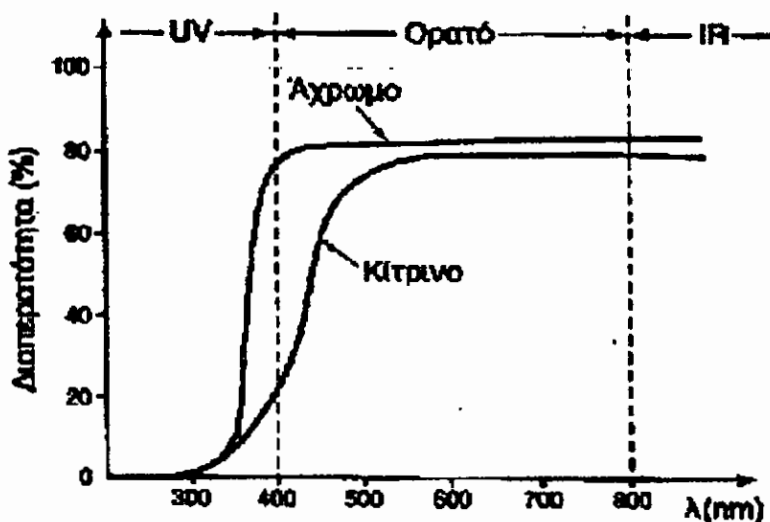
γ) Η ειδική θερμότητα ή θερμοχωρητικότητα (c_p , heat capacity) των πολυμερών είναι γενικά μεγάλη, λόγω των αυξημένων δονήσεων των ατόμων που μετέχουν στην αλυσίδα των μακρομορίων.

5.6.1.3 Ηλεκτρικές ιδιότητες

Λόγω των ομοιοπολικών δεσμών, στα πολυμερή υλικά δεν υπάρχουν φορείς ηλεκτρικού φορτίου, δηλαδή ελεύθερα ηλεκτρόνια και ιόντα. Για το λόγο αυτό, τα πολυμερή εμφανίζουν μεγάλη ειδική ηλεκτρική αντίσταση, μεταξύ 10^{15} και 10^{18} Ωcm και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτές του ηλεκτρισμού. Γι' αυτήν τους την ιδιότητα, τα πολυμερή χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις επενδύσεις καλωδίων και συρμάτων.

5.6.1.4. Οπτικές ιδιότητες

α) Όταν το πάχος τους είναι της τάξεως των μερικών δεκάτων του χιλιοστού, τα πολυμερή υψηλής καθαρότητας είναι άχρωμα και ο συντελεστής διαπερατότητας του φωτός παραμένει σταθερός σε όλο το φάσμα του ορατού (σχήμα 15). Ο χρωματισμός των πολυμερών γίνεται είτε με προσθήκη ευδιάλυτων χρωμάτων (dyes) που δεν επηρεάζουν τη διαφάνειά τους ή είτε με αδιάλυτες χρωστικές (pigments), οι οποίες καθιστούν τα πολυμερή αδιαφανή.



Σχήμα 15 : Συντελεστής διαπερατότητας του φωτός μέσα από υμένια πολυμερών, συναρτήσει του μήκους κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας

β) Τα άμορφα πολυμερή είναι διαφανή, αφού δεν υπάρχουν κρύσταλλοι ώστε να προκαλείται σκέδαση του φωτός.

Αντίθετα, τα κρυσταλλικά πολυμερή είναι ημιδιαφανή, αφού κάθε κρύσταλλος διαχέει το φως.

Ωστόσο και τα κρυσταλλικά πολυμερή εμφανίζονται ως διαφανή, στην περίπτωση κατά την οποία οι κρύσταλλοι είναι προσανατολισμένοι παράλληλα μεταξύ τους.

Στον πίνακά 11 φαίνονται οι τιμές του δείκτη διάθλασης και του συντελεστή

διαπερατότητας , για τα μήκη κύματος στο φάσμα του ορατού φωτός ,
χαρακτηριστικών πολυμερών , τα οποία βρίσκουν οπτικές εφαρμογές.

Τα θερμοπλαστικά που χρησιμοποιούνται συχνότερα σε οπτικές εφαρμογές , είναι τα
πολυακρυλικά και τα πολυανθρακικά πολυμερή.

Οι πολυμεθυλακρυλικοί εστέρες έχουν μεγάλη ικανότητα χρωματισμού , διαφάνεια
και ακαμψία.

Γι' αυτά τους τα χαρακτηριστικά βρίσκουν εφαρμογή στην κατασκευή υαλοπινάκων
ασφαλείας (plexiglas , perspex , lucite) , οπτικών οργάνων , φακών επαφής ,
διακοσμητικών και φωτιστικών αντικειμένων.

Ωστόσο , λόγω της ευαισθησίας που παρουσιάζουν σε χαράξεις , έχουν οδηγηθεί
σε αντικατάστασή τους από πολυανθρακικά πολυμερή , για εφαρμογές χαμηλότερων
απαιτήσεων , όπως είναι οι φακοί για κιάλια , το διαφανές κάλυμμα κράνους , οι
φανοί και το parebrise των αυτοκινήτων , κλπ.

ΠΟΛΥΜΕΡΕΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (%)
Πολυακρυλικά -PMMA	1,46-1,56	92
-A/MMA	1,51	90
Στυρένιοβουταδιένιο , SB	1,57	90
Πολυανθρακικό , PC	1,59	88
Πολυσουλφονικό , PPSU	1,65	75
Πολυεστέρας , PETP	1,57-1,64	90

(Πίνακας 11 : Οπτικές ιδιότητες πολυμερών)

5.6.2. Μηχανικές ιδιότητες πολυμερών

Οι μηχανικές ιδιότητες των πολυμερών παρουσιάζουν τεράστιο ενδιαφέρον για
δύο λόγους:

α) Η κατασκευή εξαρτημάτων από πολυμερές υλικό προϋποθέτει εφαρμογή
τεχνικών διαμόρφωσης στηρίζεται δηλαδή , στην πλαστική παραμόρφωση του
πολυμερούς.

β) Κατά τη λειτουργία τους , τα πολυμερή υφίστανται μηχανικές καταπονήσεις
που μπορούν να οδηγήσουν στην καταστροφή τους.

Η εκτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς των πολυμερών στηρίζεται στη μελέτη της
στιβαρότητάς τους (stiffness) , την αντίστασή τους δηλαδή , σε ελαστικές

παραμορφώσεις και στη μελέτη της αντοχής τους (strength) δηλαδή, την αντίστασή τους σε θραύση μετά από πλαστική παραμόρφωση.

5.6.2.1. Ελαστική συμπεριφορά πολυμερών

Η ελαστική συμπεριφορά των πολυμερών οφείλεται σε δυο μηχανισμούς:

α) Κατά τη μηχανική φόρτιση του υλικού στην ελαστική περιοχή, οι ομοιοπολικοί δεσμοί των αλυσίδων τεντώνονται και παραμορφώνονται, δηλαδή υφίστανται ελαστική επιμήκυνση.

Μετά την απομάκρυνση του φορτίου πραγματοποιείται επαναφορά στο αρχικό μήκος. Ο υπολογισμός του σ_y (όριο διαρροής-yield stress), γίνεται όπως και στο μέταλλο, εφόσον και στην περίπτωση των πολυμερών η ελαστική συμπεριφορά διέπεται από τη γραμμική σχέση τάσης (stress)- παραμόρφωσης (strain) (γραμμική ελαστική συμπεριφορά).

β) Για μεγαλύτερα φορτία, τμήματα αλυσίδων του πολυμερούς μπορεί να παραμορφωθούν τόσο, ώστε μετά την απομάκρυνση του φορτίου να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση μετά από κάποιο χρόνο (ώρες ή μήνες). Αυτό το είδος της ελαστικής συμπεριφοράς ονομάζεται μη γραμμική ελαστική συμπεριφορά.

Τα πολυμερή, λόγω της δομής τους, δευτερεύοντες ασθενείς δεσμοί μεταξύ αλυσίδων ή είναι λιγότερο στιβαρά από τα μέταλλα.

Έτσι το μέτρο ελαστικότητας (modulus of elasticity-E) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 1-4 GPa για τα θερμοπλαστικά και 1-22 GPa για τα θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή.

Για λόγους σύγκρισης αναφέρουμε ότι το μέτρο ελαστικότητας για κράματα αλουμινίου είναι 70 GPa και για, χάλυβες 200 GPa.

Εξάλλου, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, στα πολυμερή το E εξαρτάται από το χρόνο επιβολής φορτίου, σε αντίθεση με τα μέταλλα και τα κεραμικά που έχουν σταθερό μέτρο ελαστικότητας (E).

Έτσι, όταν π.χ. γράφεται E_{10S} , δείχνει την τιμή του E μετά από χρόνο επιβολής φορτίου δέκα δευτερολέπτων.

Σε θερμοκρασίες υψηλότερες αυτής του περιβάλλοντος, η μηχανική συμπεριφορά του πολυμερούς εξαρτάται από τη δομή του και φυσικά από τη θερμοκρασία.

Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

α) θερμοπλαστικά και θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή

Γενικά, το μέτρο ελαστικότητας των πολυμερών μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας (σχήμα 16).

Πλήρως κρυσταλλικό πολυμερές συμπεριφέρεται σαν μέταλλο και παραμένει στιβαρό ως το σημείο τήξεως.

Για 100% άμορφο πολυμερές, η μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας με τη θερμοκρασία παρουσιάζει τρεις περιοχές:

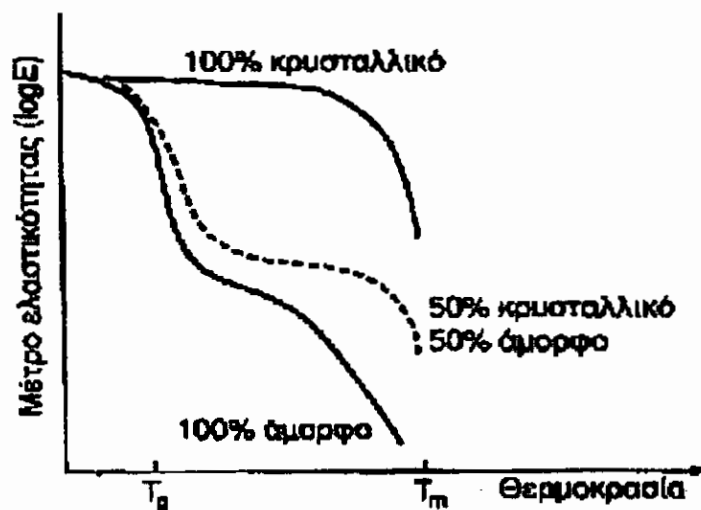
i) Για ένα μικρό εύρος χαμηλών θερμοκρασιών (μέχρι την T_g), το E παραμένει σταθερό και τα πολυμερή εμφανίζονται εύθραυστα όπως τα γυαλιά (συμπεριφορά υαλώδους στερεού).

ii) Μόλις η θερμοκρασία υπερβεί τη θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης (T_g), αρχίζει η ραγδαία μείωση της τιμής του μέτρου ελαστικότητας και κατά συνέπεια και της στιβαρότητας του πολυμερούς.

Στη θερμοκρασιακή αυτή περιοχή τα πολυμερή εμφανίζουν συμπεριφορά ελαστομερούς.

iii) Στη θερμοκρασιακή περιοχή λίγο πριν από το σημείο τήξεως (T_m), οι δευτερεύοντες δεσμοί χαλαρώνουν και οι διακλαδώσεις των αλυσίδων αποκόπτονται. Το πολυμερές συμπεριφέρεται ως παχύρρευστο υγρό και γι' αυτό η μορφοποίησή του πραγματοποιείται με χύτευση, σε αυτή τη θερμοκρασιακή περιοχή.

Τα πολυμερή με μικτή δομή παρουσιάζουν ενδιάμεση συμπεριφορά, η οποία εξαρτάται από το βαθμό κρυσταλλικότητάς τους.



Σχήμα 16 : Μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας, για τρία θερμοπλαστικά πολυμερή, με διαφορετικό βαθμό κρυσταλλικότητας.

Γενικά, αυξανόμενης της θερμοκρασίας από -20 έως 200 °C, τα πολυμερή εμφανίζουν μια διαδοχή μηχανικής συμπεριφοράς: από εύθραυστα γίνονται πλαστικά και τέλος, ιξωδοπλαστικά.

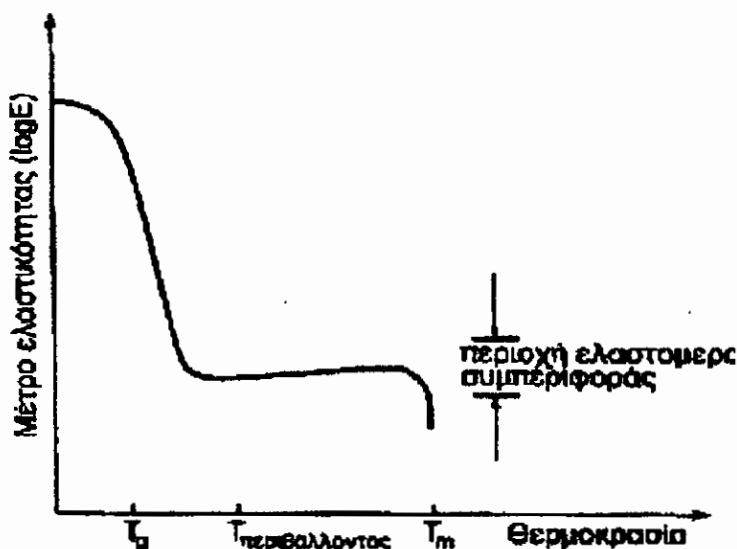
Αντίθετα, τα μέταλλα και τα κεραμικά εμφανίζουν σταθερές μηχανικές ιδιότητες στο ίδιο θερμοκρασιακό εύρος.

β) Ελαστομερή

Τα ελαστομερή εμφανίζουν εκτεταμένη ελαστική περιοχή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Για τα πολυμερή αυτά, η θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης (T_g) είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (σχήμα 17).

Το μέτρο ελαστικότητας είναι σχεδόν σταθερό από το T_g μέχρι και το σημείο T_m , διότι με την αύξηση της T , δεν "ξεμπλοκάρονται" οι κόμβοι των διακλαδώσεων στις αλυσίδες τους.



Σχήμα 17 : Μέτρο ελαστικότητας ελαστομερών συναρτήσει της θερμοκρασίας

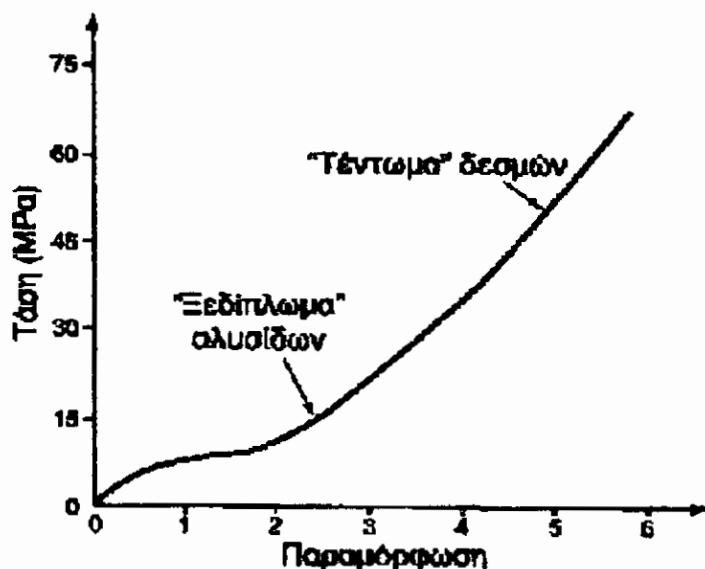
Η ελαστικότητα των ελαστομερών (rubber elasticity) είναι η ιδιότητα βάσει της οποίας το ελαστομερές μπορεί να υποστεί ελαστικές επιμηκύνσεις από 300 έως 700%. Αυτή η συμπεριφορά οφείλεται στο ότι κάτω από το καθεστώς της φόρτισης, τα μόρια τείνουν να διευθετηθούν κανονικά μέσα στο υλικό.

Στην αρχή "ξεδιπλώνονται" οι αλυσίδες των μακρομορίων και στη συνέχεια, "τεντώνονται" οι μεταξύ τους δεσμοί (σχήμα 18).

Η επιβολή της τάσεως τείνει να ευθυγραμμίσει τα μακρομόρια και να προσδώσει, έτσι, τάξη στο υλικό.

Σταματώντας τη φόρτιση, το υλικό επανέρχεται στην αρχική διευθέτηση των μορίων του, τα οποία έχουν τη "μνήμη" της αρχικής φόρμας τους λόγω της αρχιτεκτονικής της δομής τους (πλέξιμο αλυσίδων και διακλαδώσεις με κόμβους).

Αντίστοιχη συμπεριφορά $E = f(T)$ με αυτή των ελαστομερών παρουσιάζουν τα θερμοσκληρυνόμενα και μερικά θερμοπλαστικά, έντονα διακλαδισμένα και τυχαίας κατανομής.



Σχήμα 18 : Διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης για ελαστομερές υλικό.

Η εμφάνιση μη γραμμικής ελαστικής συμπεριφοράς για θερμοκρασίες πολύ μεγαλύτερες της T_g , έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι δυνατός ο υπολογισμός του E . θεωρητικά, ο υπολογισμός του E γίνεται με την υπόθεση ότι μια τάση προκαλεί παραμόρφωση που είναι το άθροισμα των παραμορφώσεων σε κάθε είδος δεσμού μέσω της παρακάτω σχέσεως (κανόνας των μιγμάτων):

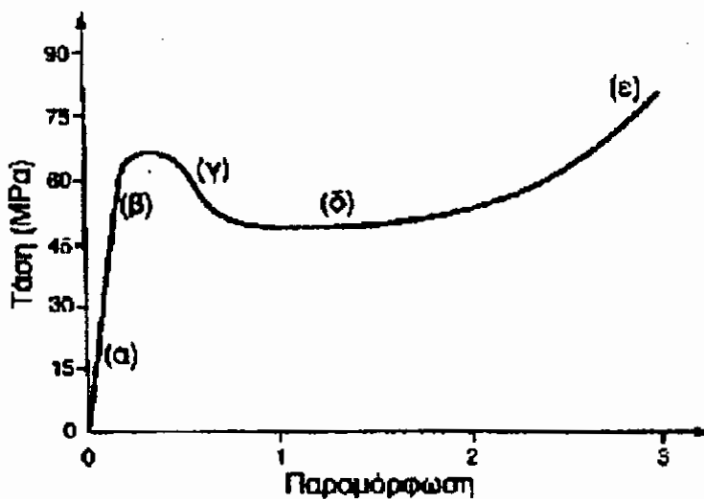
$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \sigma \left[\frac{f}{E_1} + \frac{(1-f)}{E_2} \right] \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{1}{\frac{f}{E_1} + \frac{(1-f)}{E_2}}$$

όπου :

- f το ποσοστό των ισχυρών ομοιοπολικών δεσμών,
- 1-f το ποσοστό των ασθενών δευτερευόντων δεσμών,
- E_1 το μέτρο ελαστικότητας των ισχυρών ομοιοπολικών δεσμών,
- E_2 το μέτρο ελαστικότητας των ασθενών δευτερευόντων δεσμών.

5.6.2.2. Αντοχή σε θραύση των πολυμερών

Η καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης ενός πολυμερούς, π.χ. PE, Nylon 6.6, είναι της μορφής του σχήματος 19



Σχήμα 19 : Τυπική καμπύλη $\sigma - \varepsilon$ δοκιμής εφελκυσμού ενός τυπικού πολυμερούς : Nylon 6.6

Οι περιοχές κατά τη μηχανική καταπόνηση σε εφελκυσμό ενός πολυμερούς υλικού (σχήμα 19) είναι οι εξής:

- α) για μικρά φορτία, η περιοχή της γραμμικής ελαστικής συμπεριφοράς,
- β) για μεγαλύτερα φορτία, η περιοχή της μη γραμμικής ελαστικής συμπεριφοράς
- γ) για ακόμα μεγαλύτερα φορτία έχουμε σχηματισμό λαιμού (γ)
- δ) για πάρα πολύ μεγάλα φορτία, έχουμε την περιοχή της πλαστικής παραμορφώσεως (δ) που οδηγεί σε θραύση (ε) του υλικού (σχήμα 20).

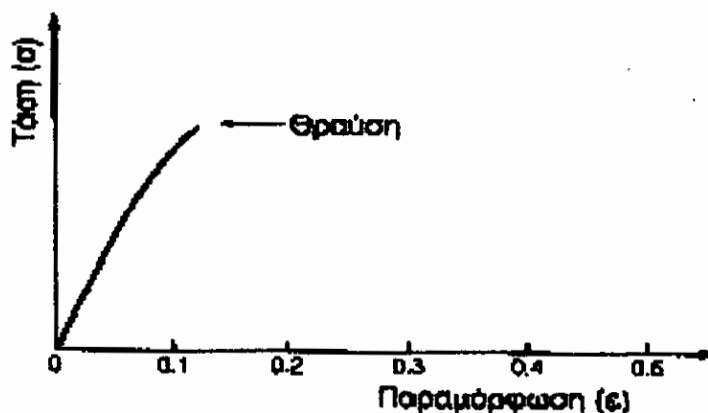
Κατά τον εφέλκυσμό του πολυμερούς στην περιοχή της πλαστικής παραμορφώσεως οι μακρομοριακές αλυσίδες ξεμπλέκονται και ευθυγραμμίζονται σταδιακά παράλληλα στη διεύθυνση εφέλκυσμού, με αποτέλεσμα το υλικό να επιμηκύνεται και να ελαττώνεται η διατομή του.

Μόλις εκταθεί όλο το υλικό, παρατηρείται μεγάλη αύξηση της τάσης που απαιτείται για τη θραύση του, λόγω του ότι ο πλήρης προσανατολισμός των μακρομορίων του φέρνει πιο κοντά τις μοριακές αλυσίδες μεταξύ των οποίων ισχυροποιούνται οι δεσμοί Van der Waals, με αποτέλεσμα την "ενδοτράχυνση" του πολυμερούς. Θα μελετήσουμε, στη συνέχεια, τρεις χαρακτηριστικούς μηχανισμούς θραύσης πολυμερών υλικών:

1) Ψαθυρή Θραύση (brittle fracture)

Για θερμοκρασίες μικρότερες του $0.75 T_g$ (σχήμα 21), η θραύση ξεκινά από τις ήδη υπάρχουσες μικρορωγμές, οι οποίες δημιουργήθηκαν είτε κατά την κατεργασία μορφοποίησης, είτε κατά την προετοιμασία του δοκιμίου του πολυμερούς για εφέλκυσμό.

Έτσι, κάτω από το καθεστώς εφέλκυστικής καταπόνησης, μια ρωγμή μεγέθους μεγαλύτερου του κρίσιμου, θα διαδοθεί πολύ γρήγορα με αποτέλεσμα τη θραύση του υλικού με παρόμοιο μηχανισμό, όπως στην περίπτωση του γυαλιού.

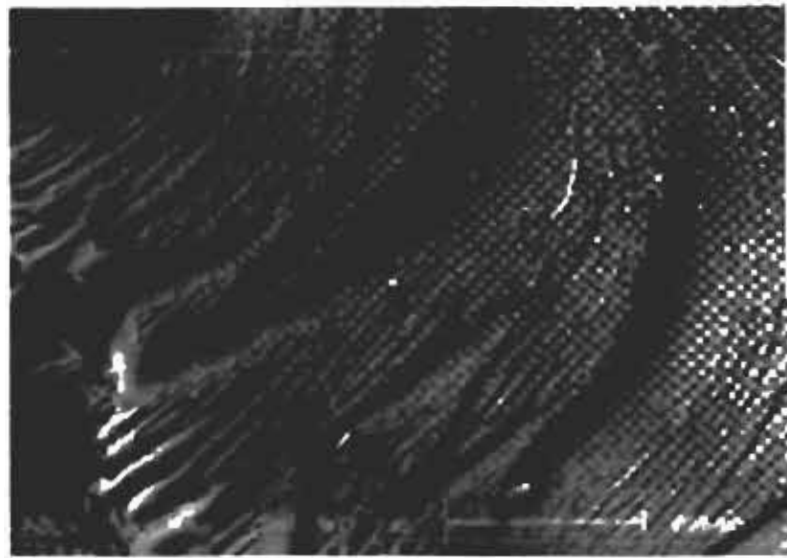


Σχήμα 21 : Ψαθυρή θραύση πολυμερών.

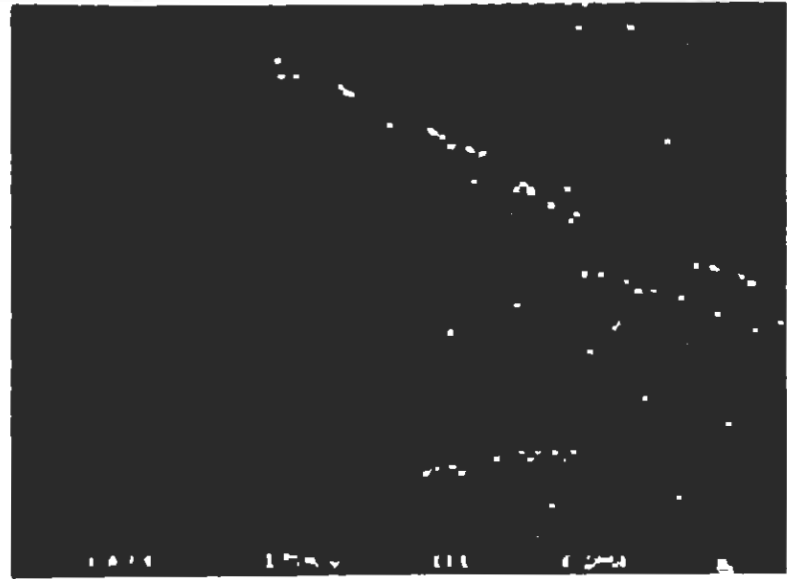
2) θραύση μέσω τοπικά διαστρεβλωμένων περιοχών (crazing)

Η ενέργεια που απαιτείται για τη θραύση ενός άμορφου, εύθραυστου πολυμερούς, όπως είναι το πολυστηρένιο PS και το πολυμεθύλιο-μεθυλακρίλιο (PMMA), είναι περίπου 1000 μονάδες υψηλότερη εκείνης που θα απαιτείτο, εάν ο μηχανισμός θραύσεως περιοριζόταν σε ένα απλό "σπάσιμο" των δεσμών C-C, στο επίπεδο θραύσεως.

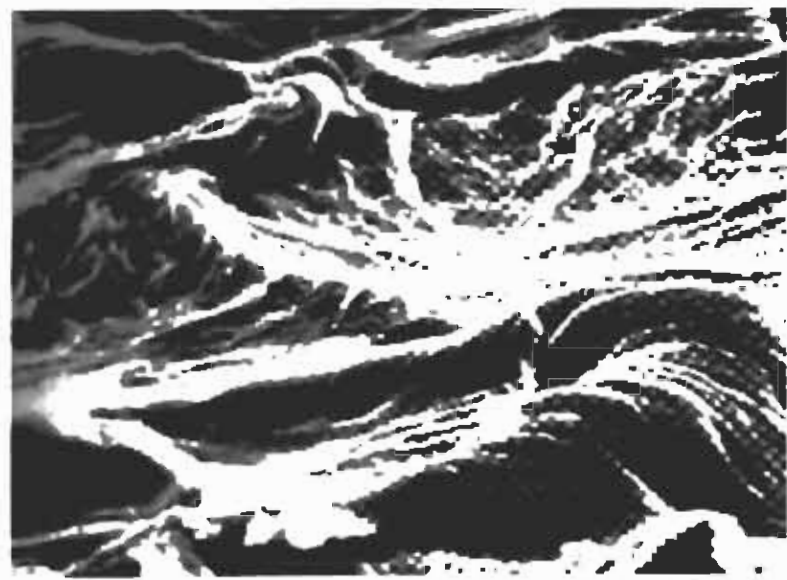
(α)



(β)



(γ)

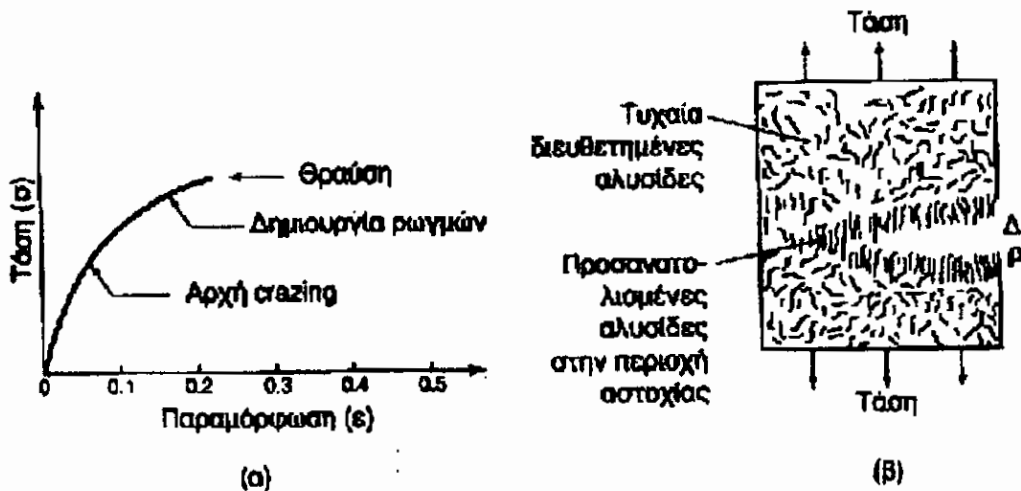


Σχήμα 20 : Επιφανείες θραύσεως (παρατήρηση σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως) τριών χαρακτηριστικών τεχνικών πολυμερών : (α) Ψαθυρή θραύση ελοξυδικής ρητίνης (x90). (β) Ψαθυρή θραύση ελαστομερούς (x180). (γ) Επιφάνεια θραύσης κατά τον πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE), (x500).

Η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται για τη θραύση του πολυμερούς, οφείλεται στην εμφάνιση τοπικά διαστρεβλωμένων περιοχών, που ονομάζονται crazes και οι οποίες δημιουργούνται πριν τη τελική θραύση.

Οι περιοχές αυτές εμφανίζονται στο υλικό σε σημεία συγκεντρώσεως υψηλών τάσεων και συνιστούν μια ευθυγράμμιση των μοριακών αλυσίδων, συνδυασμένη με μεγάλη διασπορά διακένων υψηλής πυκνότητας.

Η θραύση προχωρά με τη συνένωση των διακένων αυτών (σχήμα 22).



Σχήμα 22 : Φαινόμενο crazing σε γραμμικό πολυμερές : (α) Καμπύλη εφελκυσμού σ - ϵ του άμορφου PS. (β) Σχηματική παράσταση θραύσης .

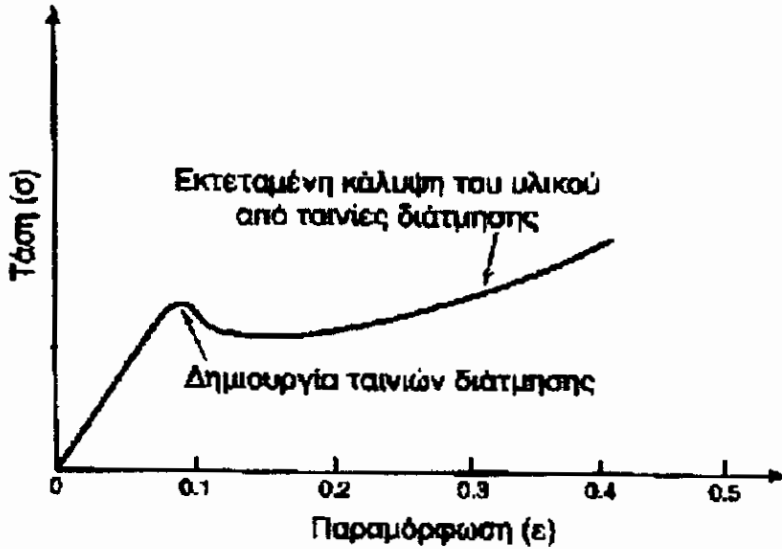
3) θραύση μέσω ταινιών διάτμησης (shear banding)

Κατά τη δοκιμή θλίψεως ενός πολυμερούς, μπορούν να λάβουν χώρα υψηλές παραμορφώσεις (σχήμα 23).

Δημιουργούνται λοιπόν ταινίες διάτμησης μέσα στο πολυμερές, με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που δημιουργούνται στα μέταλλα.

Κάθε ταινία φανερώνει μία πεπερασμένη διάτμηση που έχει λάβει χώρα στο υλικό.

Αύξηση του αριθμού των ταινιών αυτών, συνεπάγεται την αύξηση της παραμόρφωσης έως την τελική θραύση του πολυμερούς.

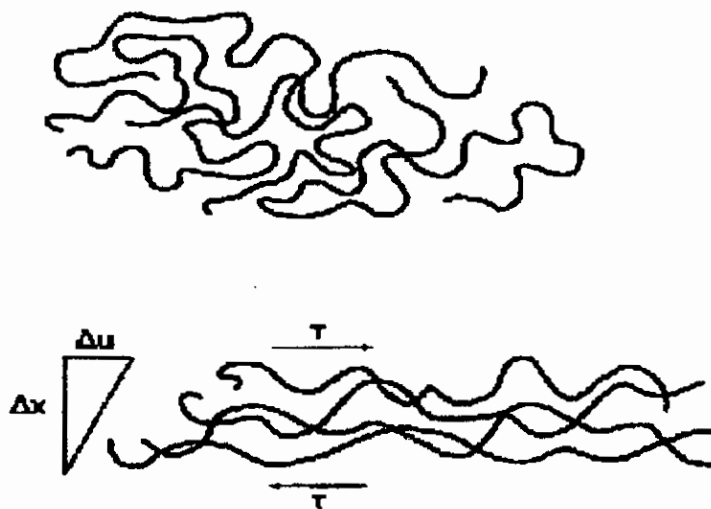


Σχήμα 23 : Δημιουργία ταινιών διάτμησης κατά τη δοκιμή θλίψης .

5.6.2.3. Ιξωδοελαστικότητα θερμοπλαστικών (viscoelasticity)

Ιξωδοελαστικότητα ή ιξωδοελαστική συμπεριφορά ονομάζεται το φαινόμενο της χρονικής εξάρτησης της ελαστικής και πλαστικής παραμόρφωσης των θερμοπλαστικών. Μεγαλύτερες συνολικές παραμορφώσεις ($\epsilon_{el} + \epsilon_{pl}$), απαιτούν υψηλότερες τάσεις (φορτία), διότι οι μακρομοριακές αλυσίδες ευθυγραμμίζονται. Επίσης, μεγαλύτεροι ρυθμοί παραμόρφωσης απαιτούν υψηλότερα φορτία, διότι λιγότερος χρόνος διατίθεται για την ολίσθηση των αλυσίδων.

Ένας τρόπος για να εκφραστεί η άνεση με την οποία, υπό την επίδραση εξωτερικού φορτίου, οι αλυσίδες του πολυμερούς κινούνται και προκαλούν τη μόνιμη παραμόρφωσή του, είναι μέσω του ιξώδους (viscosity) (σχήμα 24).



Σχήμα 24 : Σχηματική παράσταση της ολίσθησης αλυσίδων με ιξώδη ροή. Το ιξώδες (η) του πολυμερούς ορίζεται με τον ίδιο τρόπο με αυτόν ενός Νευτώνειου ρευστού

$$\eta = \frac{\tau}{\left(\frac{\Delta u}{\Delta x} \right)}$$

όπου :

τ η εφαρμοζόμενη διατμητική τάση
 $\Delta u/\Delta x$ η βαθμίδα ταχύτητας

Όταν το η είναι μεγάλο απαιτούνται μεγαλύτερες διατμητικές τάσεις , ενώ οι συνολικές παραμορφώσεις είναι μικρότερες.

Η συσχέτιση του ιξώδους (η) με τη θερμοκρασία είναι εκθετικής μορφής :

$$n = n_0 \exp\left(\frac{Q}{RT}\right)$$

όπου :

n_0 το ιξώδες σε θερμοκρασία 20 °C
 Q ενέργεια ενεργοποίησης
 R παγκόσμια σταθερά των αερίων
 T θερμοκρασία

Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία το η μειώνεται και επομένως το πολυμερές μπορεί εύκολα να μορφοποιηθεί.

Η ιξωδοελαστική συμπεριφορά των πολυμερών υλικών είναι χρήσιμη για τη μορφοποίηση των θερμοπλαστικών κυρίως πολυμερών αλλά αποτελεί βασικό αίτιο των χαμηλών ιδιοτήτων τους σε ερπυσμό.

5.6.2.4. Ερπυσμός και αντοχή σε κρούση πολυμερών

Ο ερπυσμός και η αντοχή σε κρούση των πολυμερών εξηγούνται από την ιξωδοελαστική συμπεριφορά των πολυμερών , διότι οι ιδιότητες αυτές εξαρτώνται από το χρόνο.

Όταν η φόρτιση εφαρμόζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα και μάλιστα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος , συμβαίνει μια ιξώδης ροή του πολυμερούς.

Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως ερπυσμός (creep).

Μεγαλύτερη θερμοκρασία ή τάση εντείνουν το ανωτέρω φαινόμενο.

Η θερμοκρασία θερμικής κάμψης (heat deflection temperature , HDT) είναι μια ιδιότητα των πολυμερών που εκφράζει τη θερμοκρασία υπό την οποία το πολυμερές καταπονούμενο με ένα συγκεκριμένο φορτίο υφίσταται μια δεδομένη παραμόρφωση. Υψηλές HDT έχουν σαν αποτέλεσμα την αυξημένη αντοχή του υλικού σε ερπυσμό.

Όταν σε ένα πολυμερές επιβληθεί μια φόρτιση μεγάλης ταχύτητας (μεγάλου ρυθμού παραμόρφωσης) , δεν υπάρχει χρόνος για να κινηθούν οι μακρομοριακές αλυσίδες , άρα να πραγματοποιηθεί πλαστική παραμόρφωση , με αποτέλεσμα να επακολουθήσει ψαθυρή θραύση του υλικού.

Έτσι σε αυτή την περίπτωση , λέγεται ότι το πολυμερές παρουσιάζει μικρή αντοχή σε κρούση.

5.6.2.5. Τριβή - Φθορά (friction, abrasion-wear)

Λόγω της ιξώδοελαστικής συμπεριφοράς τους, οι μηχανισμοί τριβής και φθοράς των πολυμερών συνδέονται άμεσα με ιδιότητες εξαρτώμενες ισχυρά από το χρόνο και τη θερμοκρασία.

Λόγω της ευαισθησίας των μακρομοριακών αλυσίδων σε μηχανικές φορτίσεις, αλλά και σε περιβαλλοντολογικούς παράγοντες οι παράμετροι του τριβοσυστήματος έχουν μεγάλη επίδραση στο μηχανισμό τριβής.

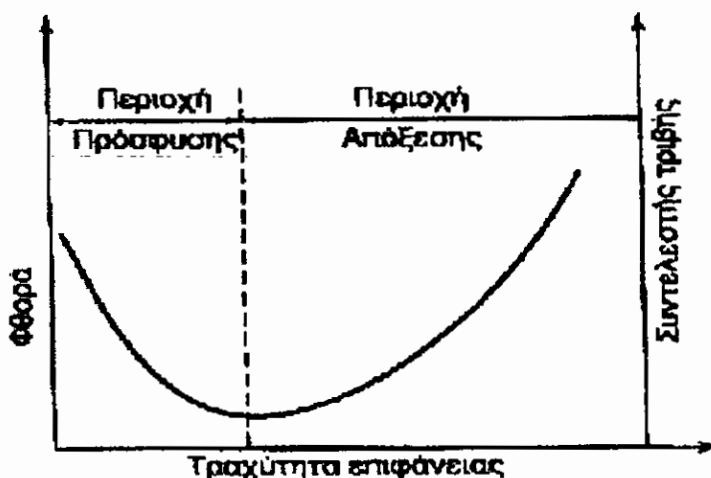
Η μελέτη της φθοράς των πολυμερών κατά την τριβή βρίσκεται ακόμη υπό ερευνητική παρατήρηση, ωστόσο έχει εκτιμηθεί ότι η τραχύτητα της επιφάνειας του ανταγωνιστικού υλικού επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την τριβολογική συμπεριφορά του πολυμερούς (σχήμα 25).

Με την αύξηση της τραχύτητας ο συντελεστής τριβής και ο ρυθμός φθοράς των πολυμερών μειώνεται ως μία οριακή τιμή.

Για υψηλότερες τιμές τραχύτητας τα δύο μεγέθη αυξάνουν.

Η ελάχιστη αυτή τιμή αποτελεί το όριο μεταξύ δύο περιοχών, όπου κυριαρχούν διαφορετικοί μηχανισμοί τριβής.

Ενώ για χαμηλές τιμές της τραχύτητας (R_a) κυριαρχεί ο μηχανισμός της πρόσφυσης, για υψηλότερες τιμές κυριαρχεί ο μηχανισμός της απόξεσης.



Σχήμα 25 : Ο συντελεστής τριβής και ο ρυθμός φθοράς των θερμοπλαστικών εξαρτάται από την επιφανειακή τραχύτητα του ανταγωνιστικού υλικού.

5.6.2.6 Χαλάρωση τάσεων (stress relaxation)

Η χαλάρωση τάσεων ενός πολυμερούς που βρίσκεται υπό σταθερή παραμόρφωση είναι φαινόμενο κατά το οποίο προκαλείται μείωση της τιμής της αρχικής τάσεως με το χρόνο.

Αιτία της χαλάρωσης των τάσεων αποτελεί η ιξώδης ροή μέσα στην αρχική δομή του πολυμερούς, η οποία προκαλείται από τη βραδεία ολίσθηση της μίας μοριακής αλυσίδας πάνω στην άλλη, από το σπάσιμο και την ανασύσταση των δευτερευόντων δεσμών μεταξύ των αλυσίδων και από το μηχανικό "ξεδίπλωμα" των αλυσίδων.

Η χαλάρωση των τάσεων επιτρέπει στο υλικό να βρεθεί αυθόρμητα σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη εάν η ενέργεια ενεργοποίησης του μηχανισμού είναι αρκετή. Έτσι η χαλάρωση των τάσεων στα πολυμερή εξαρτάται από τη θερμοκρασία.

Ο ρυθμός με τον οποίο επιτυγχάνεται η χαλάρωση τάσεων εξαρτάται από τη χρονική σταθερά χαλάρωσης (τ) και είναι χαρακτηριστική του υλικού.

Ως χρονική σταθερά χαλάρωσης ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί η τάση (σ) στο 0.37 ($1/e$) της αρχικής τιμής (σ_0).

Η εξάρτηση της τάσεως από το χρόνο δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Γενικά η χαλάρωση τάσεων είναι φαινόμενο το οποίο εξελίσσεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\tau = \tau_0 e^{\frac{Q}{RT}}$$

Όπου :

- T σταθερά χρόνου , χαρακτηριστική του πολυμερούς
- Q η ενέργεια ενεργοποίησης (ανά mol) ιξώδους ροής
- R η παγκόσμια σταθερά αερίων
- T η απόλυτη θερμοκρασία.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μεγαλύτερη χαλάρωση τάσεων.

5.6.2.7. Μηχανική συμπεριφορά αφρώδων πολυμερών υλικών

Λόγω της ιδιαίτερης δομής τους , τα αφρώδη πολυμερή παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά ανάμεσα στη φαινομενική πυκνότητά τους (ρ) και στην πυκνότητα (ρ_s) την οποία θα είχε το υλικό εάν ήταν συμπαγές.

Τα αφρώδη πολυμερή παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά σε θλίψη.

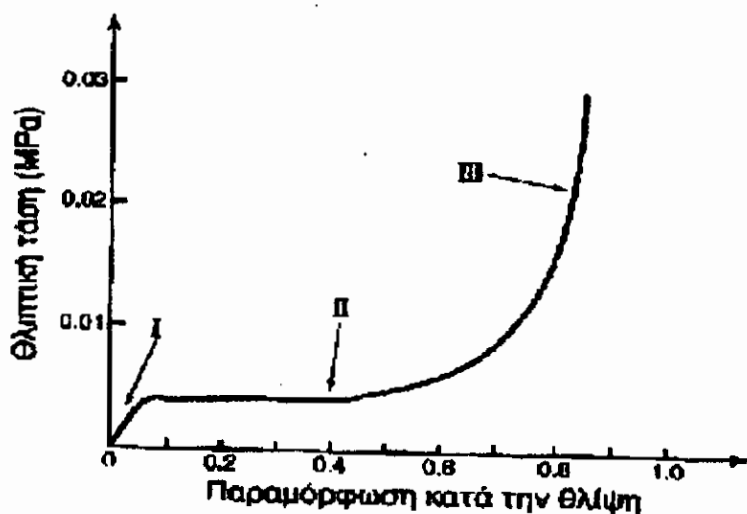
Κατά την κρούση εξάλλου , έχουν την ικανότητα να απορροφούν υψηλά ποσά ενέργειας.

Το διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων , κατά την εφαρμογή θλιπτικών φορτίων σε αφρώδη πολυμερή , έχει τη μορφή της καμπύλης του σχήματος 26 , όπου διακρίνονται τρεις περιοχές:

α) γραμμικής ελαστικής παραμορφώσεως (περιοχή I) , όπου τα τοιχώματα της κυψελοειδούς κατασκευής "λυγίζουν" ,

β) σταθερής τάσεως (περιοχή II) , όπου η καμπύλη της παραμορφώσεως είναι ευθύγραμμη , παράλληλη του άξονα παραμορφώσεων και

γ) συμπυκνώσεως (περιοχή III) , όπου τα τοιχώματα της κυψελοειδούς κατασκευής έρχονται σε επαφή μεταξύ τους και η παραμόρφωση σταθεροποιείται στην τελική τιμή της



Σχήμα 26 : Καμπύλη τάσεων - παραμορφώσεων , κατά την επιβολή θλιπτικών φορτίων σε αφρώδες πολυμερές

Η περιοχή I παρατηρείται για μικρές τιμές παραμόρφωσης (έως 5%) και το μέτρο ελαστικότητας του πολυμερούς , σε αυτή την περιοχή , δίνεται από τη σχέση:

$$E = E_s \left(\frac{\rho}{\rho_s} \right)^2$$

όπου

E_s το μέτρο ελαστικότητας του συμπαγούς υλικού.

Στα συνήθη αφρώδη πολυμερή ο λόγος ρ/ρ_s κυμαίνεται σε ένα ευρύ πεδίο τιμών: από 0,005 έως 0,5 και είναι μεγάλης σπουδαιότητας για τον καθορισμό της μηχανικής συμπεριφοράς του υλικού.

5.6.3 Πίνακας ιδιοτήτων

Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται οι κυριότερες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των σπουδαιότερων θερμοπλαστικών , θερμοσκληρυνόμενων και ελαστομερών πολυμερών.

5.7.Αποσύνθεση ή γήρανση πολυμερών(degradation ή ageing)

Η αποσύνθεση ή γήρανση των πολυμερών οδηγεί σε καταστροφή της χημικής δομής τους και κατά συνέπεια σε εξασθένηση αρχικά και απώλεια τελικά , ορισμένων ιδιοτήτων τους που είναι καθοριστικές για τις εφαρμογές τους. Η αποσύνθεση πολυμερούς συνδέεται με μεταβολές των δεσμών του και με φαινόμενα μεταφοράς μάζας. Εκδηλώνεται είτε με ανάπτυξη πλέγματος είτε με μείωση μοριακού βάρους (αποπολυμερισμός) και ανακατανομή πλευρικών ομάδων της μοριακής αλυσίδας.

Πολυμερές	Πυκνότητα (g cm ⁻³)	Μέτρο Ελαστικότητας (20°C 100s) (Gpa)	Αντοχή σε εφελκυσμό (MPa)	Διαθεβαντικότητα (MPa m ^{1/2})	Θερμοκρασία Υαλώδους Μεταπτώσης T _g (K)	Θερμοκρασία Μολάνωνσης, T _s (K)	Ειδική Θερμότητα (J kg ⁻¹ K ⁻¹)	Θερμική Αγωγιμότητα (W m ⁻¹ K ⁻¹)	Συντελεστής Γραμμικής Θερμικής Διαστολής (MK ⁻¹)
ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ									
Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας, LDPE	0,91 - 0,94	0,15 - 0,20	7 - 17	1 - 2	270	355	2250	0,35	160 - 190
Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, HDPE	0,95 - 0,98	0,55 - 1,0	20 - 37	2 - 5	300	390	2100	0,52	150 - 300
Πολυπροπυλένιο, PP	0,91	1,2 - 1,7	50 - 70	3,5	253	310	1900	0,20	100 - 300
Πολύεστερ-αιθυλένιο, PETE	2,20	0,35	17 - 28	-	-	395	1050	0,25	70 - 100
Πολυστυρένιο, PS	1,10	3,0 - 3,3	35 - 68	2,0	370	370	1350 - 1500	0,10 - 0,15	70 - 100
Χλωριούχο πολυβινύλιο, PVC	1,40	2,4 - 3,0	40 - 60	2,4	350	370	-	0,15	50 - 70
Πολυδυσ-μεθυλένιο, POM	1,41 - 1,56	3,5 - 10,5	80 - 90	1,6	223	400	1460	0,23	80
Nylonis	1,15	2,0 - 3,5	60 - 110	3 - 5	340	350 - 420	1900	0,20 - 0,25	80 - 95
ΘΕΡΜΟΣΚΛΗΡΥΝΟΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ									
Εποξιδικές ρητίνες	1,2 - 1,4	2,1 - 5,5	40 - 85	0,6 - 1,0	380	100 - 400	1700 - 2000	0,20 - 0,50	55 - 90
Πολυεστέρες	1,1 - 1,4	1,3 - 4,5	45 - 85	0,5	340	420 - 440	1200 - 2400	0,20 - 0,24	50 - 100
Φαινολοφορμαλδεϋδη	1,27	8	35 - 55	-	-	370 - 550	1500 - 1700	0,12 - 0,24	26 - 60
ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ ΠΟΛΥΜΕΡΗ									
Πολυισοπρένιο	0,91	0,002 - 0,1	~10	-	220	~350	~2500	~0,15	~600
Πολυβουταδιένιο	1,50	0,004 - 0,1	-	-	171	~350	~2500	~0,15	~600
Πολυαλογοπροπρένιο	0,94	~0,01	-	-	200	~350	~2500	~0,15	~600

Πίνακας 12 : Ιδιότητες πολυμερών.

Ο μηχανισμός αποσύνθεσης οφείλεται κυρίως σε φυσικούς, χημικούς, θερμικούς ή βιολογικούς παράγοντες

5.7.1. Φυσική αποσύνθεση

Με τον όρο φυσική αποσύνθεση ή φυσική γήρανση, αναφερόμαστε στην καταστροφή του πλέγματος του πολυμερούς λόγω παραγόντων οι οποίοι "γεννώνται" το στάδιο της μορφοποίησης του πολυμερούς.

Πρόκειται για μηχανισμούς αποσύνθεσης με ή χωρίς μεταφορά μάζας

α) Μηχανισμός με μεταφορά μάζας

Όταν μόρια ενός διαλύτη (Πλαστικοποιητής), σε αέρια ή υγρή κατάσταση μόρια του νερού διεισδύσουν στο δίκτυο του πολυμερούς, καταστρέφουν τους δευτερεύοντες δεσμούς με άμεσα αποτελέσματα στις φυσικές και τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού.

Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται αύξηση του όγκου του πολυμερούς (V), μεταβολή της θερμοκρασίας υαλώδους μετάπτωσης (Tg), μείωση του μέτρου ελαστικότητας (E) και του ορίου αντοχής του πολυμερούς (σ_{σ}).

Εάν ληφθεί πρόνοια ξήρανσης του υλικού προκειμένου να απομακρυνθεί ο διαλύτης το πολυμερές επανέρχεται στις ιδιότητες που είχε πριν τη πλαστικοποίηση στη περίπτωση αυτή πρόκειται για αντιστρεπτό φαινόμενο.

Το φαινόμενο είναι εντονότερο στη περίπτωση που το πολυμερές είναι πλήρως άμορφο και στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η πολυμερική αλυσίδα είτε έχει μικρό μήκος και λίγες διακλαδώσεις είτε περιέχει ομάδες που αντιδρούν εύκολα με το διαλύτη (π.χ. υδρόφιλες ομάδες).

β) Μηχανισμός χωρίς μεταφορά μάζας

Το σχήμα ενός αντικειμένου από πολυμερές υφίσταται διαστασιακές μεταβολές ακόμη και μετά τη ψύξη του υλικού η οποία ακολουθεί τη μορφοποίησή του

Σε πολλές περιπτώσεις οι μοριακές αλυσίδες του άμορφου πολυμερούς, λόγω αυξημένης ενέργειας αναδιευθετούνται σε στερεή κατάσταση με άμεσες συνέπειες στις φυσικές και κυρίως στις μηχανικές ιδιότητες.

5.7.2 Χημική αποσύνθεση

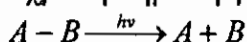
Η χημική αποσύνθεση των πολυμερών επέρχεται είτε με την απευθείας αντίδρασή τους με το οξυγόνο και το όζον είτε με την καταλυτική δράση της ακτινοβολίας στην αντίδραση της πολυμερικής αλυσίδας

α) Φωτοσύνθεση ή φωτοχημική γήρανση

Πρόκειται για καταστροφή της πολυμερικής υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ενέργεια της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) του ηλίου απορροφάται επιλεκτικά από τους ακόρεστους δεσμούς της πολυμερικής αλυσίδας και τις φωτοευαίσθητες ομάδες (που τυχόν περιέχει).

Με το τρόπο αυτό προκαλείται "σπάσιμο" των δεσμών και κατάτμηση των μακρομοριακών αλυσίδων με ταυτόχρονη δημιουργία δύο ελευθέρων ριζών



Το είδος των δεσμών που μπορούν να απορροφήσουν ηλιακή ενέργεια εξαρτάται από τη δομή και τη φυσική κατάσταση του πολυμερούς.

Για παράδειγμα, πολυμερές υπό μορφή τήγματος αποσυντίθεται προς μονομερές ενώ PMMA σε μορφή λεπτών φύλλων, υφίσταται κατάτμηση των πολυμερικών του αλυσίδων.

Για την προστασία των πολυμερών από τη ηλιακή ακτινοβολία, προστίθεται σταθεροποιητής, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία.

Για παράδειγμα, τα ελαστικά των αυτοκινήτων περιέχουν έως και 30% άνθρακα, ο οποίος έχει ρόλο σταθεροποιητή.

Η μελέτη της επίδρασης ακτινοβολιών υψηλής ενέργειας (ακτίνες X, ακτίνες γ, δέσμες ηλεκτρονίων) και υπερήχων στα πολυμερή, έδειξε ότι προκαλείται υποβιβασμός του μεγέθους του μακρομορίου (κατάτμηση πολυμερικής αλυσίδας) ή ανάπτυξη πλέγματος στο μακρομόριο.

β) Ατμοσφαιρική οξείδωση

Τα πολυμερή αποσυντίθεται υπό την επίδραση ατμοσφαιρικού οξυγόνου και όζοντος. Η καταστροφή του υλικού είναι ταχύτερη στην περίπτωση ύπαρξης ακόρεστων δεσμών στη μοριακή αλυσίδα.

Σε πρώτο στάδιο, στην αλυσίδα τον πολυμερούς δημιουργούνται ελεύθερες ρίζες (R'), λόγω φωτοαποσύνθεσης υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Εν συνεχεία, οι ρίζες αυτές αντιδρούν με το οξυγόνο και οδηγούν σε επιταχυνόμενη οξείδωση (αυτοοξείδωση).

Τα ανιόντα τον οξυγόνου (-O-) δημιουργούν δεσμούς μεταξύ των πολυμερικών αλυσίδων, οδηγώντας σε αύξηση της θερμοκρασίας υαλώδους μεταπτώσεως του πολυμερούς, το οποίο κατά συνέπεια γίνεται πιο εύθραυστο.

Το όζον προσβάλλει απ' ευθείας ορισμένα ειδικά πολυμερή, με αποτέλεσμα οι πολυμερικές αλυσίδες να σπάσουν ακαριαία, με ταυτόχρονη δημιουργία υπεροξειδίου και κετάνης.

Η σταθερότητα των πολυμερών ως προς την οξείδωση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες.

Τα κρυσταλλικά πολυμερή ή κρυσταλλικά τμήματα πολυμερών, σε αντίθεση προς τα άμορφα, δεν είναι επιρρεπή σε οξείδωση.

Μεταλλικές ακαθαρσίες, όπως Cu και άλλα μεταβατικά μέταλλα, καταλύουν το φαινόμενο της οξείδωσης.

Ύπαρξη ακόρεστων δεσμών και υψηλή θερμοκρασία επιταχύνουν επίσης, την αποσύνθεση τον πολυμερούς.

Προς αποφυγή οξείδωσης, στο τήγμα τον πολυμερούς προστίθενται αντιοξειδωτικά μέσα, τα οποία δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες ή διασπούν τα υπεροξειδία, με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της οξείδωσης, άρα και της καταστροφικής αποσύνθεσης του πολυμερούς.

5.7.3. Θερμική αποσύνθεση

Με τον όρο θερμική αποσύνθεση περιγράφουμε τα φαινόμενα καταστροφής της δομής του πολυμερούς κατά τη μορφοποίηση ή τη λειτουργία του σε υψηλές θερμοκρασίες.

Σε ορισμένες περιπτώσεις η θερμική αποσύνθεση μπορεί να οδηγήσει και σε ανάφλεξη. Μπορούμε να διακρίνουμε τρεις τύπους μηχανισμών θερμικής αποσύνθεσης:

- α) τυχαία σχάση των πολυμερικών αλυσίδων , π.χ. πυρόλυση PE
- β) αποπολυμερισμός , π.χ. πυρόλυση PMMA
- γ) αντιδράσεις που οδηγούν σε ανάπτυξη διακλαδώσεων ή σε μεταβολές ομάδων των μακρομορίων.

Τα παραγόμενα προϊόντα είναι μόρια με διαστάσεις μονομερούς ή και μεγαλύτερα. Στη θερμοκρασία θερμικής αποσύνθεσης τα προϊόντα είναι πτητικά ή στερεά υπόλοιπα της αντίδρασης.

Αν η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή , τα πτητικά μικρομοριακά προϊόντα αναφλέγονται με εξαιρετικά εξώθερμες αντιδράσεις.

Η εκλύομενη ενέργεια προσβάλλει τότε τοπικά το πολυμερές και το οδηγεί σε αποσύνθεση.

5.7.4. Μικροβιακή αποσύνθεση ή βιοχημική γήρανση

Μικροβιακή αποσύνθεση παρατηρείται σε φυσικά , κυρίως πολυμερή , π.χ. κυτταρίνη , ελαστικό , κλπ.

Πρόκειται για ενζυμική προσβολή , η οποία προκαλεί συνεχή διαλυτοποίηση και κατά συνέπεια , μείωση του μεγέθους του μορίου.

Η σταθερότητα του πολυμερούς εξαρτάται από το είδος του ενζύμου ή του μικροοργανισμού που το προσβάλλει .

Υπενθυμίζουμε ότι οι ενζυμικές προσβολές είναι εξαιρετικά επιλεκτικές δράσεις .

Τα αποτελέσματα βιοχημικής γήρανσης γίνονται αμέσως αντιληπτά από τοπικές αλλοιώσεις (στίγματα , ρύπανση του χρώματος , αδιαφάνεια) και επιφανειακή διάβρωση του πολυμερούς.

Σε έντονη προσβολή παρατηρούνται επίσης , απώλεια των προσθηκών (σταθεροποιητές και πλαστικοποιητές) μείωση της ευκαμψίας , ελάττωση του βάρους αλλοίωση των διαστάσεων και υποβάθμιση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υλικού .

6. Μορφοποίηση πολυμερών (processing of polymers)

6.1. Εισαγωγή

Η χρησιμοποίηση των πολυμερών σε διάφορες εφαρμογές προϋποθέτει σχεδόν πάντοτε , την προσθήκη διαφόρων ουσιών.

Πρόσθετα (additives) είναι οι ουσίες εκείνες οι οποίες διασπείρονται στη μάζα του πολυμερούς , χωρίς να επιφέρουν την αλλοίωση της χημικής του δομής και στοχεύουν στη βελτίωση της συμπεριφοράς του κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας.

Ανάλογα με τη λειτουργία που επιτελούν , τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται κατά τη μορφοποίηση των πολυμερών κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

α) Πρόσθετα που διευκολύνουν την επεξεργασία

- 1) Θερμικοί σταθεροποιητές
- 2) Λιπαντικά
- 3) Διευκολυντικά ροής

- 4) Θιξοτροπικά μέσα
- β) Πρόσθετα που τροποποιούν τις μηχανικές ιδιότητες
 - 1) Πλαστικοποιητές
 - 2) Μέσα ενίσχυσης
- γ) Πρόσθετα που μειώνουν το κόστος
 - 1) Πληρωτικά υλικά
 - 2) Αραιωτικά
- δ) Μέσα τροποποίησης των οπτικών ιδιοτήτων
 - 1) Χρωστικές
 - 2) Μέσα πυρηνοποίησης
- ε) Πρόσθετα κατά της γήρανσης
 - 1) Αντιοξειδωτικά
 - 2) Σταθεροποιητές υπεριώδους ακτινοβολίας
 - 3) Μυκητοκτόνα
- στ) Πρόσθετα που τροποποιούν τις επιφανειακές ιδιότητες
 - 1) Αντιστατικά
 - 2) Ολισθητικά
 - 3) Αντικολλητικά
 - 4) Αντιτριβικά
 - 5) Μέσα αύξησης της πρόσφυσης
- ζ) Διογκωτικά
- η) Αντιπυρικά

Τέσσερις είναι οι κύριες μέθοδοι μορφοποίησης πολυμερών:

- α) Χύτευση (moulding)
- β) Εκβολή (extrusion)
- γ) Κατασκευή λεπτών φύλλων (polymer foil manufacturing)
- δ) Ινοποίηση (fiber manufacturing ή spinning)

Οι παραλλαγές των μεθόδων αυτών οδηγούν σε πληθώρα διαφορετικών τεχνικών μορφοποίησης.

6.2. Χαρακτηριστικά των προσθέτων

Βασική απαίτηση για ένα πρόσθετο είναι η αποτελεσματικότητά του, η δυνατότητα δηλαδή να επιφέρει την επιθυμητή μεταβολή στη κατά το δυνατό μικρότερη αναλογία. Η αποτελεσματικότητα βέβαια των προσθέτων εξαρτάται και από την τεχνική ενσωμάτωσής τους στο πολυμερές.

Οι απαιτήσεις συμβατότητας ενός προσθέτου με δεδομένο πολυμερές, καθορίζονται από το μηχανισμό δράσης.

Όταν η δράση γίνεται σε μοριακό επίπεδο τότε είναι επιθυμητή πλήρης συμβατότητα.

Στη περίπτωση που η δράση εντοπίζεται στη διαφάνεια πολυμερούς - προσθέτου, τότε επιδιώκεται η μερική συμβατότητα του συστήματος.

Όταν τέλος, το πρόσθετο δρα σε αντίφαση με τις δικές του ιδιότητες (π.χ. χρωματισμός ενός πολυμερούς από τους κόκκους μιας χρωστικής) τότε επιλέγεται πρόσθετο ασυμβίβαστο με το πολυμερές.

Ο καθορισμός βέβαια , της συμβατότητας πολυμερούς πρόσθετου γίνεται με τη τεχνική της δοκιμής και σφάλματος .

Το γεγονός αυτό οφείλεται στην έλλειψη επιστημονικού υπόβαθρου που να περιγράφει τη συμπεριφορά των συστημάτων αυτών .

Οι θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί , αναφέρονται σε συστήματα πολυμερούς - διαλύτη όπου το πολυμερές συμμετέχει με τη χαμηλότερη αναλογία ως συστατικό .

Έτσι , οι θεωρίες αυτές δεν έχουν άμεση εφαρμογή στη περίπτωση πολυμερούς προσθέτων , αφενός επειδή η αναλογία τους στο πολυμερές είναι συνήθως χαμηλή και αφετέρου , επειδή ένα σύστημα πολυμερούς - προσθέτων μπορεί να είναι πολύ σύνθετο με το ενδεχόμενο αλληλεπιδράσεων κ.τ.λ.

Η εφαρμογή πάντως , των βασικών αρχών της θερμοδυναμικής διαλυμάτων , μπορεί να δώσει ενδείξεις σχετικά με τη συμβατότητα , με τη προϋπόθεση ότι γίνονται παραδοχές που οδηγούν σε υπεραπλούστευση του συστήματος .

Βασική απαίτηση για τα πολυμερή είναι η μειωμένη τάση για μετανάστευση από το πολυμερές στο οποίο προστίθενται .

Έτσι , πρέπει να παρουσιάζουν χαμηλή τάση ατμών στη θερμοκρασία επεξεργασίας τους και να μην συσσωματώνονται δηλαδή να δημιουργούν ιζήματα ή κρυστάλλους μέσα στη μάζα του πολυμερούς .

Τα πρόσθετα δεν πρέπει να εκχειλίζονται από διάφορα υγρά με τα οποία μπορεί να έρθει το πολυμερές σε επαφή κατά την επεξεργασία , ούτε να αποβάλλονται στην επιφάνεια του αντικειμένου κατά τη χρήση του .

Οι περιπτώσεις αυτές μετανάστευσης συνδέονται βέβαια , με τη κινητική της διάχυσης και επομένως ελέγχονται από παραμέτρους όπως η συμβατότητα , το μέγεθος του μορίου , οι φυσικοχημικές αλληλεπιδράσεις πρόσθετου - πολυμερούς , η διαμόρφωση των αλυσίδων του πολυμερούς κ.τ.λ.

Τα φαινόμενα της εκχύλισης και της μετανάστευσης στην επιφάνεια αφορά τα διαλυτά μικρομοριακά υλικά , όπως πλαστικοποιητές , ενώ τα αδιάλυτα ανόργανα πρόσθετα δεν μπορούν να απομακρυνθούν με το τρόπο αυτό . Είναι όμως δυνατό , η διάχυση των διαλυτών προσθέτων να αποτελέσει την αιτία μεταφοράς και άλλων προσθέτων που υπό κανονικές συνθήκες δε θα μπορούσαν να μεταναστεύσουν .

Η υγιεινή των προσθέτων αφορά αφενός τη φάση της ενσωμάτωσης και αφετέρου τη κατανάλωση , ιδιαίτερα στις περιπτώσεις της συσκευασίας τροφίμων ή κατασκευής παιχνιδιών .

Η σχετική νομοθεσία σε διάφορες χώρες αποβλέπει στη προστασία του καταναλωτή από τοξικά πρόσθετα που θα μπορούσαν να εκχειλιστούν από τα πλαστικά .

Στη πράξη , ενδιαφέρον παρουσιάζει η αθροιστική επίδραση μικρών ποσοτήτων τοξικών προσθέτων που μπορούν να εκχειλιστούν κατά μικρές ποσότητες . Η αποδοχή μιας σειράς προσθέτων μπορεί να βασιστεί σε πειράματα εκχύλισης χρησιμοποιώντας διάφορα μέσα που προσομοιώνουν τα τρόφιμα , ενώ οι συνθήκες προσβολής μπορεί να είναι βραχυχρόνιες ή μακροχρόνιες .

Τα συνηθισμένα μέσα είναι : απεσταγμένο νερό , 5% ανθρακικό νάτριο , 5% οξικό οξύ , 50% αιθυλική αλκοόλη , ελαιόλαδο με 2% ελαϊκό οξύ , 5% κιτρικό οξύ .

Οι συνθήκες εκχύλισης μπορεί να είναι :

- α) 45°C και 24 ώρες , διαλείπουσα εκχύλιση
- β) 60°C και 10 ημέρες , συνεχής εκχύλιση
- γ) 80°C και 2 ώρες , διαλείπουσα εκχύλιση

6.3. Ενσωμάτωση προσθέτων

Η τεχνική που ακολουθείται για την ενσωμάτωση προσθέτων καθορίζεται από τους εξής παράγοντες:

- α) τη μορφή και τα θερμοπλαστικά χαρακτηριστικά του προϊόντος
- β) τα φυσικά χαρακτηριστικά και την αναλογία του προσθέτου
- γ) τον απαιτούμενο βαθμό διασποράς ή διάλυσης του προσθέτου
- δ) τη μορφή του μίγματος που πρόκειται να παραχθεί (κόκκοι , διάλυμα)

Στις περιπτώσεις βέβαια που είναι διαθέσιμες περισσότερες από μία τεχνικές , τότε η επιλογή γίνεται με βάση οικονομικά κριτήρια .

Τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων ενσωμάτωσης παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα :

ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ
Διάλυση	Υψηλή διάτμηση, κυκλοφορία μίγματος	Διάλυση στερεών σε υγρά
Αιώρηση	Κυκλοφορία μίγματος, χαμηλή ταχύτητα ροής	Πάστες
Ανάμειξη παχύρρευστων υγρών	Κυκλοφορία μίγματος, χαμηλή ταχύτητα ροής	Γαλακτώματα
Ανάμειξη τήγματος	Εσωτερική ανάμειξη	Θερμοπλαστικά
Ανάμειξη στέρεων	Κυκλοφορία	Προανάμειξη

(Πίνακας 13 : Βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων ενσωμάτωσης προσθέτων)

Για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της ανάμειξης δεν υπάρχουν ποσοτικά μεγέθη αλλά χρησιμοποιούνται ποιοτικές διαβαθμίσεις όπως : άριστη , καλή , ικανοποιητική , κακή κ.τ.λ.

Στις περιπτώσεις ανάμειξης στερεών με υγρά χρησιμοποιείται και ο χαρακτηρισμός σταθερή διασπορά.

Η εκτίμηση τέλος της αποτελεσματικότητας ανάμειξης δεν είναι συνήθως δυνατή με οπτικές μεθόδους ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου δεν διακρίνονται οι διάφορες φάσεις .

Έτσι η ανάμειξη εκτιμάται έμμεσα από τη μεταβολή των ιδιοτήτων που επιδιώκεται να επηρεαστούν με την ενσωμάτωση των προσθέτων .

Ειδικότερα , οι πορείες ανάμειξης για θερμοπλαστικά πολυμερή και θερμοσκλυνόμενα υλικά καθώς και τα αντίστοιχα συστήματα ανάμειξης παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια .

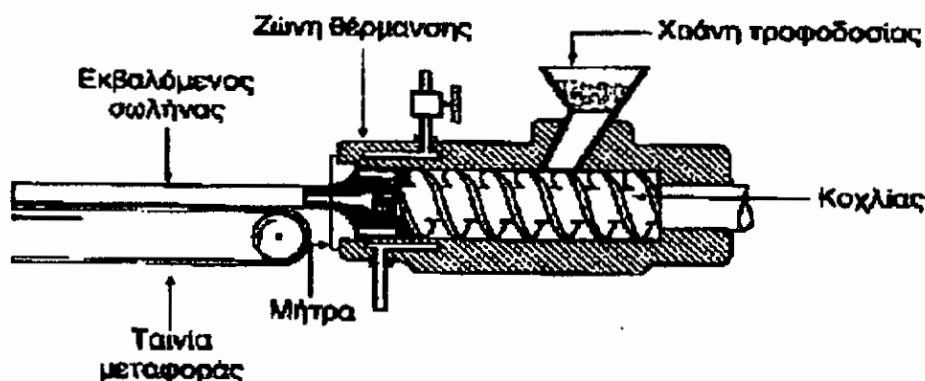
6.4. Μορφοποίηση θερμοπλαστικών πολυμερών

Οι κύριες μέθοδοι μορφοποίησης που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση των θερμοπλαστικών πολυμερών αναλύονται στη συνέχεια:

- α) ΕΚΒΟΛΗ (extrusion)

Η μέθοδος της εκβολής εφαρμόζεται κυρίως για την κατασκευή κυλινδρικής γεωμετρίας και επιπέδων προϊόντων από θερμοπλαστικό πολυμερές.

Σφαιρίδια του πολυμερούς τροφοδοτούνται μέσω μιας χοάνης, στο σύστημα εκβολής όπου με θέρμανση, πραγματοποιείται ιξώδης ροή του πολυμερούς το οποίο με χρήση δοσομετρικού κοχλίας, βγαίνει από τη μήτρα πλήρως διαμορφωμένο (σχήμα 27).



Σχήμα 27 : Σχηματική παράσταση της εκβολής .

Ο δοσομετρικός κοχλίας ενός συστήματος εκβολής είναι ένα εξάρτημα, του οποίου ο σχεδιασμός παίζει σπουδαίο ρόλο στην όλη διαδικασία.

Τα βασικά τμήματα του κοχλίας είναι τρία: τμήμα τροφοδοσίας, ζώνη τήξεως και τμήμα δοσομετρίας (σχήμα 28α).

Η τροφοδοσία του καθαρού στερεού ρυθμίζεται μόνο από τις πρώτες ελκώσεις του κοχλίας.

Μετά από κάποιο μήκος του κοχλίας, που αντιστοιχεί στο τμήμα τροφοδοσίας, αρχίζει η τήξη του υλικού.

Στο σχήμα 28β φαίνεται λεπτομέρειες του κοχλίας εκβολής.

Η τριβή ανάμεσα στον κοχλίας και στους κόκκους του πολυμερούς βοηθά την ταχεία προώθησή τους, ο δε συντελεστής τριβής μπορεί να ρυθμιστεί από τη γωνία ελίκωσης (φ).

Η βέλτιστη γωνία ελίκωσης κυμαίνεται μεταξύ 15-20°.

Όταν το πολυμερές φθάνει στο τέλος του τμήματος τροφοδοσίας, η τήξη έχει ολοκληρωθεί και το πολυμερές είναι ένα ομοιογενές τήγμα.

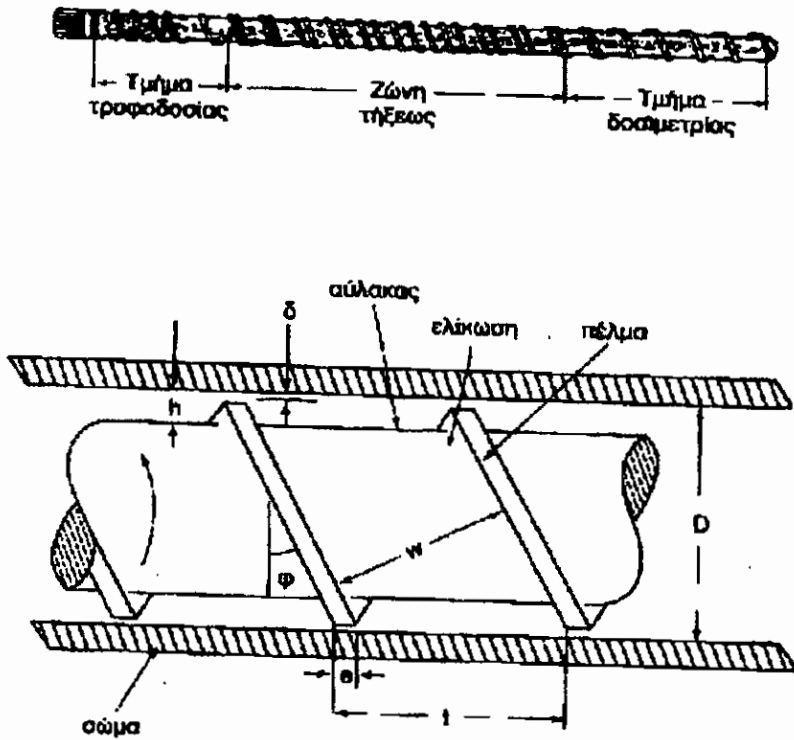
Στο τμήμα της δοσομετρίας, το βάθος της αύλακος του κοχλίας (δ) είναι το μικρότερο από κάθε άλλο τμήμα.

Για το λόγο αυτό το τμήμα δοσομετρίας καθορίζει τη συμπεριφορά ολόκληρου του κοχλίας και έλεγχο του ρυθμού εξώθησης του υλικού.

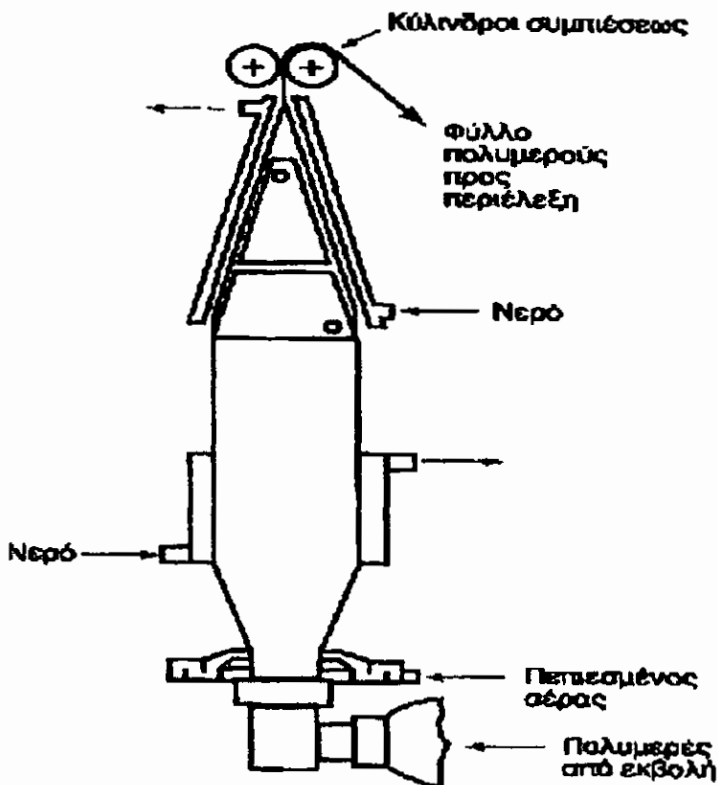
Με αυτή τη μέθοδο παράγονται φύλλα και σωλήνες πολυμερούς με ιδιαίτερα έντονο προσανατολισμό δομής.

Μετά την εκβολή ακολουθούν κατεργασίες περαιτέρω μορφοποίησης όπως εξέλαση ή τανυσμός (drawing) ή και έλαση (rolling) με αποτέλεσμα τη δημιουργία έντονου προσανατολισμού δομής και την κρυστάλλωση των άμορφων περιοχών των θερμοπλαστικών πολυμερών.

Πιο συγκεκριμένα, για την κατασκευή φύλλων χρησιμοποιείται η διάταξη του σχήματος 29.



Σχήμα 28 : (α) Κοχλίας εκβολής . (β) Χαρακτηριστικά μεγέθη τμήματος του κοχλία εκβολής : D διάμετρος , ϕ γωνία ελίκωσης , t βήμα ελίκωσης , δ βάθος αύλακος , e πλάτος πέλματος , w πλάτος αύλακος και h διάκενο αύλακος - σώματος .



Σχήμα 29 : Κατασκευή πολυμερούς φύλλου . Το φύλλα μετά την εκβολή του διαχωρίζεται με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα και οδηγείται σε σύστημα τυμπάνων , όπου και ελάσσεται .

Η αγορά των προϊόντων εκβολής είναι πολύ μεγάλη. Φύλλα πολυμερών με μεγάλο εύρος διατομών (προφίλ) χρησιμοποιούνται σε οικοδομικές εφαρμογές, αλλά και στην τεχνολογία οχημάτων και την κατασκευή μονωτικών επενδύσεων για σύρματα και καλώδια.

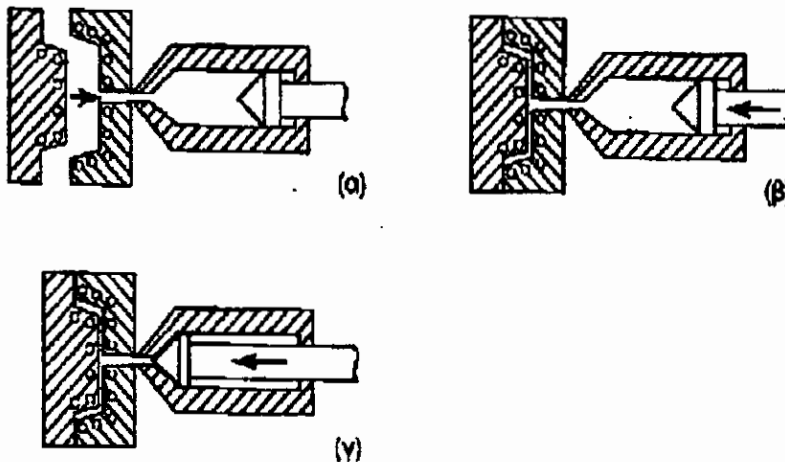
(β) ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕ ΕΓΧΥΣΗ (injection moulding)

Η χύτευση με έγχυση είναι ίσως η πιο διαδεδομένη κατεργασία μορφοποίησης για τα θερμοπλαστικά πολυμερή και προσφάτως και για ορισμένα θερμοσκληρυνόμενα, όπως π.χ. ρητίνες.

Με τη μέθοδο αυτή, κόκκοι πολυμερούς που τροφοδοτούνται από μια χοάνη (hopper), συμπιέζονται από ένα έμβολο (ram) ή έναν κοχλία (screw) και θερμαίνονται μέχρι να καούν (σχήμα 30).

Το τήγμα αυτό στη συνέχεια ψεκάζεται υπό πίεση (έγχυση) στα ψυχρά τοιχώματα ενός καλουπιού.

Εκεί το πολυμερές αποψύχεται κάτω από τη θερμοκρασία ναλώδους μεταπτώσεως (T_g) η μήτρα ανοίγει και λαμβάνεται το προϊόν.

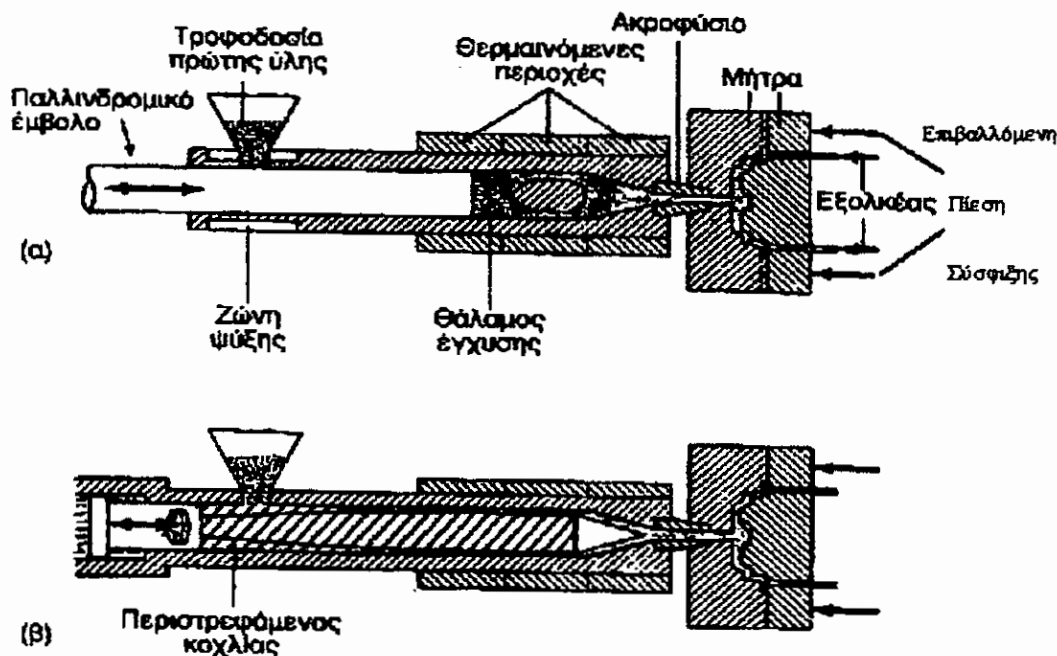


Σχήμα 30 : Σχηματική παράσταση των τριών σταδίων μορφοποίησης με τη μέθοδο της χύτευσης με έγχυση :
(α) Τροφοδοσία του τήγματος με τη χρήση εμβόλου . (β) Έγχυση του τήγματος στη διαίρετη μήτρα με τη χρήση εμβόλου . (γ) Απόψυξη του μορφοποιημένου θερμοπλαστικού .

Υπάρχουν δυο βασικοί τρόποι μεταφοράς του πολυμερούς στη μήτρα:

1) Με τη βοήθεια παλινδρομικού εμβόλου (reciprocating plunger), μέσω του οποίου αναπτύσσονται πιέσεις 70-180 MPa (σχήμα 31α).

2) Με τη βοήθεια περιστρεφόμενου κοχλία (rotating screw), σχήμα 31 β.



Σχήμα 31 : (α) Έγχυση με χρήση παλινδρομικού εμβόλου . (β) Έγχυση με χρήση περιστρεφόμενου κοχλίας .

Τα μακρομόρια προσανατολίζονται κατά τη διεύθυνση της ροής του υλικού , προσδίδοντας κατ' αυτήν τη διεύθυνση καλές μηχανικές ιδιότητες , αλλά γενικά ανισοτροπία ιδιοτήτων.

Η κατεργασία αυτή δίνει χυτά διαστασιακής ακρίβειας , διότι η πίεση εξακολουθεί να ασκείται στο πολυμερές ενώ ψύχεται.

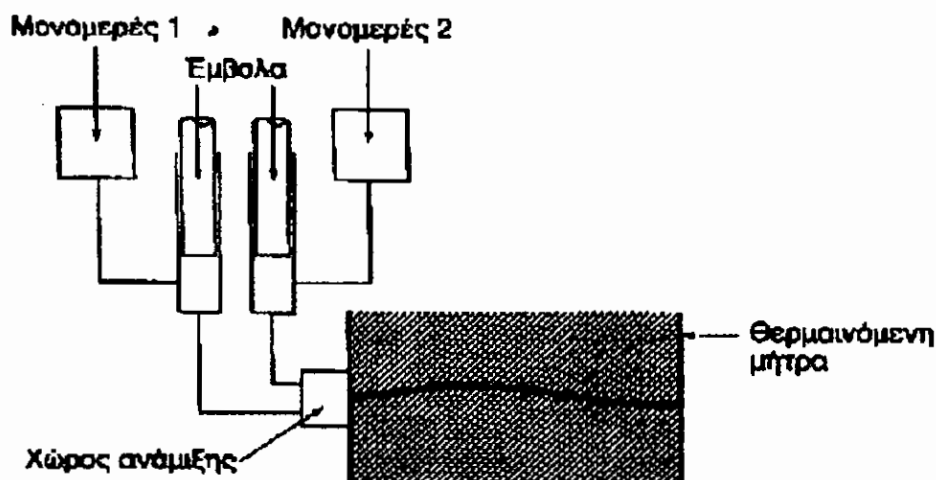
Βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ο σημαντικός χρόνος του κύκλου της κατεργασίας (1-5 λεπτά) και το υψηλό κόστος των καλουπιών.

Οι τυπικές θερμοκρασίες χύτευσης για τα θερμοπλαστικά κυμαίνονται μεταξύ 150 και 350°C (1 , 3-1 , 6Tg) , ενώ οι απαιτούμενες πιέσεις είναι υψηλές της τάξεως των 120 MPa.

γ) ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ & ΕΓΧΥΣΗ (reaction injection moulding)

Η μέθοδος αυτή αποτελεί παραλλαγή της προηγούμενης μεθόδου.

Κατά τη χύτευση με έγχυση και αντίδραση (RIM) , ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται μίγμα δύο μονομερών τα οποία θερμαίνονται , αναμιγνύονται και αντιδρούν καθώς εισέρχονται στη μήτρα , κάτω από μεγάλη πίεση (σχήμα 32).



Σχήμα 32 : Σχηματική παράσταση της μεθόδου χύτευσης με αντίδραση και έγχυση .

Η κύρια εφαρμογή της μεθόδου αφορά στη μορφοποίηση πολυουρεθάνης , Nylon και ορισμένων εποξειδικών ρητινών. Μέσα στη μήτρα η πίεση είναι αρκετά χαμηλή (300-700 kPa) , με αποτέλεσμα ο σχεδιασμός της μήτρας να είναι απλός και το κόστος κατασκευής χαμηλό. Εφόσον η διεργασία του πολυμερισμού λαμβάνει χώρα μέσα στη μήτρα , οι αναπτυσσόμενες εσωτερικές τάσεις ελαχιστοποιούνται και συνεπώς η κατεργασία αυτή είναι κατάλληλη για εξαρτήματα μεγάλου μεγέθους και πολύπλοκης γεωμετρίας.

δ) ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΕΜΦΥΣΗΣΗ (blow forming)

Με τη μέθοδο αυτή , τεμάχιο πολυμερούς σε σχήμα σωλήνα τοποθετείται θερμό σε διαιρετή μήτρα και με τη βοήθεια θερμού πεπιεσμένου αέρα διογκώνεται μέχρι να έρθει σε επαφή με τα τοιχώματα της μήτρας. Με τον τρόπο αυτό κατασκευάζονται πλαστικές φιάλες και άλλα προϊόντα με κοιλότητες.

Η μέθοδος της μορφοποίησης με εμφύσηση εμφανίζεται σε τρεις βασικές παραλλαγές:

1) Μορφοποίηση με εμφύσηση μετά από έγχυση (injection blow moulding)

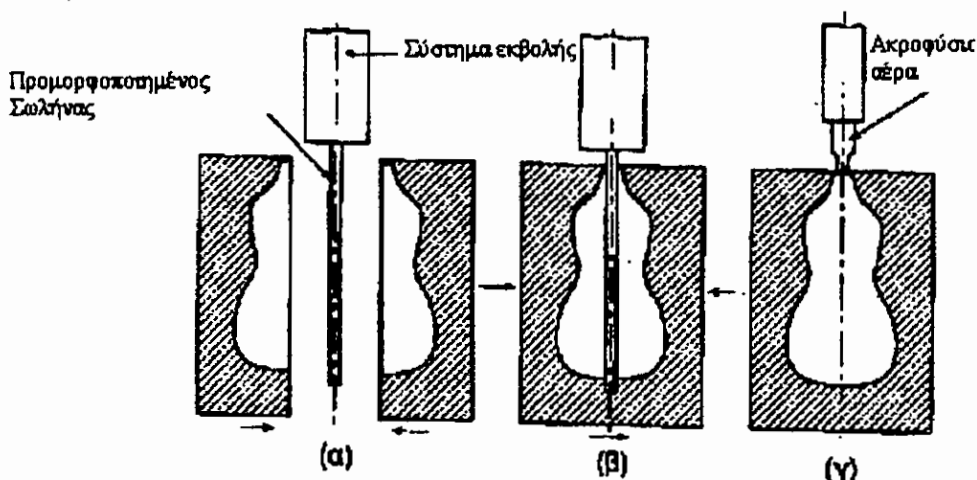
Είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή γυάλινων φιαλών με λαιμό. Το προμορφοποιημένο με έγχυση πολυμερές (parison ή preform) μεταφέρεται στη μήτρα εμφύσησης , όπου γίνεται η τελική μορφοποίηση και εξαγωγή του αντικειμένου.

Πολλά μπουκάλια, από PVC , PET και PP διαφόρων μεγεθών και σχημάτων κατασκευάζονται με αυτήν τη μέθοδο.

2) Μορφοποίηση με εμφύσηση μετά από εκβολή (extrusion blow moulding)

Είναι συνεχής διεργασία , κατά την οποία μετά την εκβολή του , ο πλαστικός σωλήνας εισάγεται στη μήτρα εμφύσησης , όπου διογκώνεται με τη βοήθεια θερμού πεπιεσμένου αέρα (σχήμα 33).

Η μέθοδος εμφανίζει τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα από τις υπόλοιπες.



Σχήμα 33 : Στάδια μορφοποίησης με εμφύσηση μετά από εκβολή : (α) Εκβολή πλαστικού σωλήνα .
(β) Συγκράτηση του σωλήνα στη μήτρα εμφύσησης .
(γ) Εμφύσηση και διάγκωση πλαστικού σωλήνα .

3) Διαξονική μορφοποίηση με εμφύσηση (stretch blow moulding)

Ο όρος χρησιμοποιείται στην περίπτωση της ταυτόχρονης αξονικής , με τη χρήση μηχανικών μέσων και ακτινικής διάγκωσης , λόγω του εμφυσούμενου αέρα , πολυμερούς προμορφοποιημένου με εκβολή ή με έγχυση.

Με τον τρόπο αυτό λαμβάνεται προσανατολισμένο φιλμ πολυμερούς.

Με τη διαξονική μορφοποίηση με εμφύσηση , πολλές ιδιότητες του υλικού μεταβάλλονται ευνοϊκά βελτιώνεται η αντοχή του σε κρούση και ερπυσμό , η διαύγειά του καθώς και η διαπερατότητά του σε αέρια και υδρατμούς.

Και αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για την κατασκευή φιαλών από PVC , PET , PP , κλπ.

ε) ΘΕΡΜΟΜΟΡΦΩΣΗ (thermoforming)

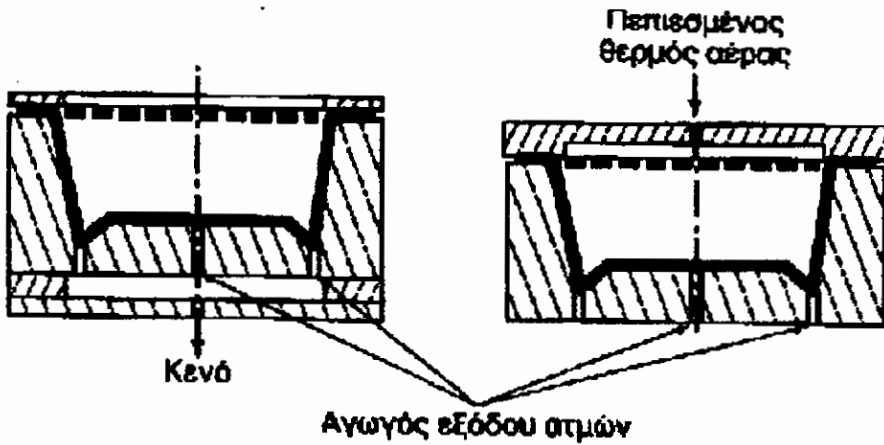
Η θερμομόρφωση αποτελεί μέθοδο μορφοποίησης λεπτών πλαστικών φύλλων σε προϊόντα πολύπλοκων σχημάτων.

Η γενική διαδικασία θερμομόρφωσης περιλαμβάνει τη συγκράτηση του πολυμερούς στη μήτρα , με τη βοήθεια δακτυλίου σύσφιξης , και την εν συνεχεία θέρμανσή του πάνω από τη θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης.

Ακολουθεί υποχώρηση του πολυμερούς μέσα στη μήτρα , τα τοιχώματα της οποίας ψήνονται , με αποτέλεσμα την επακόλουθη ψύξη και σκλήρυνση του πολυμερούς.

Η υποχώρηση του πολυμερούς πραγματοποιείται είτε με την εφαρμογή κενού (σχήμα 1.32α) , είτε με τη διοχέτευση θερμού αέρα υπό πίεση (σχήμα 34β).

Αντίστοιχα , οι δύο βασικές παραλλαγές της μεθόδου είναι η θερμομόρφωση υπό κενό (vacuum forming) και η θερμομόρφωση υπό πίεση (hot air pressure forming) με πεπιεσμένο δηλαδή θερμό αέρα.

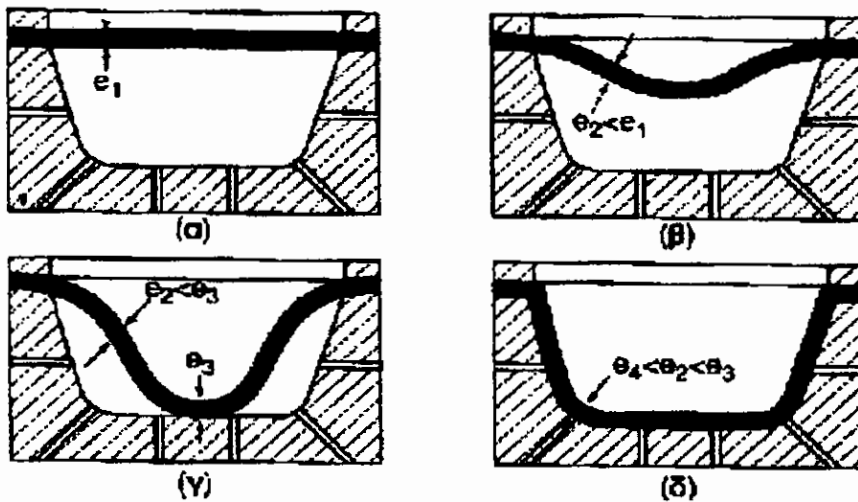


Σχήμα 34 : Θερμομόρφωση θερμοπλαστικών υπό κενό (α) και υπό πίεση (β)

Κατά τη θερμομόρφωση, η επιφάνεια του αρχικού φύλλου πολυμερούς αυξάνεται με ταυτόχρονη μείωση του πάχους του (σχήμα 35).

Το προϊόν παρουσιάζει διαφορετικό πάχος σε διάφορες χαρακτηριστικές περιοχές του:

- 1) Τα ψυχρά μέρη του φύλλου στα σημεία συγκράτησής του, διατηρούν το αρχικό πάχος τους (e_1).
- 2) Ο πυθμένας παρουσιάζει μέγιστο πάχος στο κέντρο του (e_3).
- 3) Στις γωνίες το πάχος των τοιχωμάτων του προϊόντος γίνεται ελάχιστο (e_4).
- 4) Το πάχος των τοιχωμάτων (e_2) παίρνει ενδιάμεσες τιμές ($e_4 < e_2 < e_3$) και μεταβάλλεται καθ' ύψος. Η σχέση μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου εμφανιζόμενου πάχους εξαρτάται από την ακτίνα καμπυλότητας του αντικειμένου.



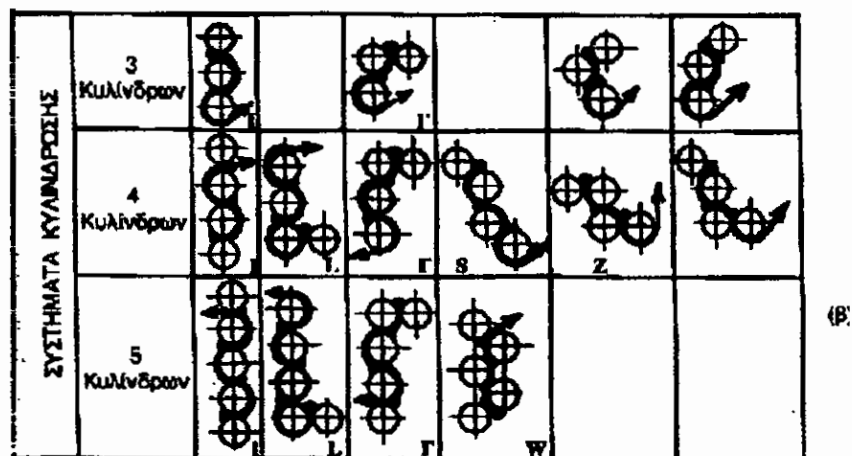
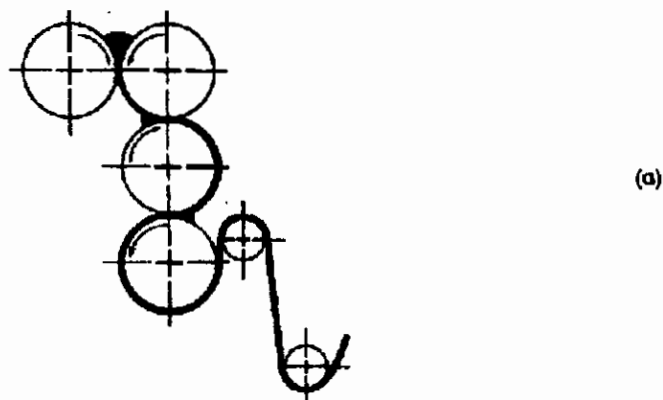
Σχήμα 35 : Μεταβολή του πάχους του αντικειμένου κατά τη διάρκεια κατεργασίας θερμομορφώσεώς του.

Με τη μέθοδο της θερμομόρφωσης κατασκευάζονται πολλά προϊόντα από θερμοπλαστικά πολυμερή (ABS, PP, PS, PVC, PMMA), όπως είναι τα πάνελ, οικοδομών, οι σωλήνες μάνιου και τα προϊόντα συσκευασίας.

στ) ΚΥΛΥΝΔΡΩΣΗ (calendering)

Κατά τη μορφοποίηση με τη μέθοδο της κυλίνδρωσης, μάζα τήγματος πολυμερούς περνά από ένα σύστημα κυλίνδρων μικρού ανοίγματος (σχήμα 36α), με αποτέλεσμα την παραγωγή λεπτών φύλλων, τα οποία συνήθως υποβάλλονται σε θερμομόρφωση.

Η κυλίνδρωση μπορεί να γίνει με σύστημα 2, 3 ή και περισσότερων κυλίνδρων διαφόρων διατάξεων (σχήμα 36β)



Σχήμα 36 : (α) Σύστημα κυλίνδρων μορφοποίησης πολυμερούς . (β) Διατάξεις 3,4 και 5 κυλίνδρων μορφοποίησης πολυμερούς

Η κυλίνδρωση θεωρείται διεργασία υψηλού ρυθμού παραγωγής (100 m/min) και χρησιμοποιείται κυρίως για τη μορφοποίηση PVC και ABS.

Με τη μέθοδο αυτή παράγονται πλακίδια πατώματος, κουρτίνες μπάνιου, κλπ.

ζ) ΙΝΟΠΟΙΗΣΗ (fiber manufacturing ή spinning)

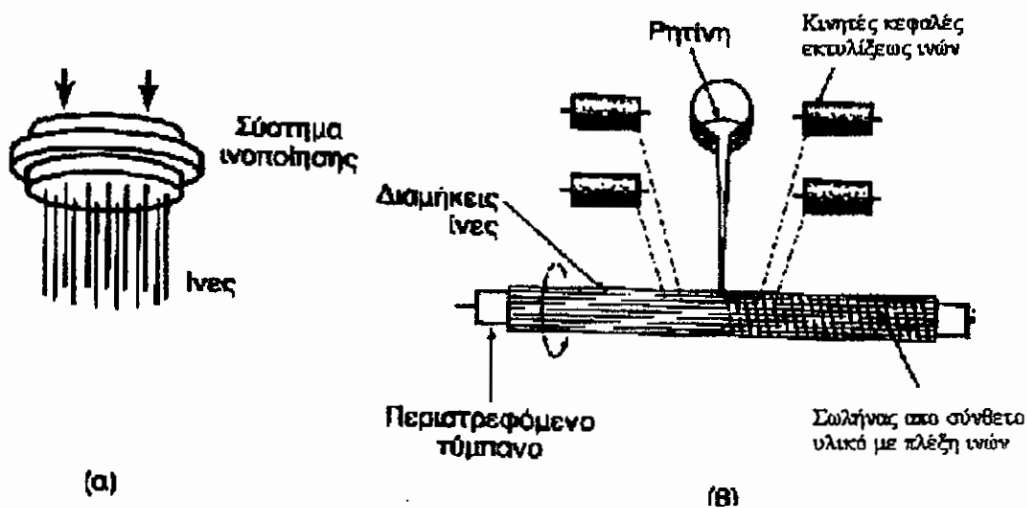
Ίνες παράγονται με την εξαναγκασμένη διέλευση τήγματος ή διαλύματος του πολυμερούς διαμέσου συστήματος το οποίο φέρει ακροφύσια μικρής διαμέτρου (σχήμα 37α).

Οι ίνες μετά τη διαμόρφωσή τους, τυλίγονται σε καρούλια προκειμένου εν συνεχεία να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ειδικών προϊόντων (σχήμα 37β)

Για μερικά πολυμερή (π.χ. Nylon) η περιτύλιξη γίνεται υπό τάση κατά τρόπο ώστε οι αλυσίδες να προσανατολίζονται κατά μήκος του άξονα της ίνας με αποτέλεσμα την αύξηση της μηχανικής τους αντοχής.

Η διάμετρος των παραγομένων ινών είναι πολύ μικρή και κυμαίνεται μεταξύ 2 και 40 μm και συνήθως, εκφράζεται σε μονάδες denier (βάρος σε g, ίνας μήκους 9000 m) και σε μονάδες tex (βάρος σε g, ίνας μήκους 1000 m).

Η αντοχή των ινών σε εφελκυσμό ονομάζεται συνεκτικότητα και εκφράζεται σε N/tex.



Σχήμα 37 : (α) Παραγωγή ινών πολυμερούς . (β) Περιτύλιξη νήματος πολυμερούς με σκοπό τη κατασκευή ενισχυμένων σωλήνων

η) ΣΥΜΠΙΕΣΗ & ΠΥΡΟΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗ (compaction και sintering)

Σκόνες πολυμερών μπορούν να μορφοποιηθούν στη γεωμετρία του τελικού προϊόντος με συμπίεση, με ή χωρίς θέρμανση όπως ακριβώς πολλές μεταλλικές και κεραμικές σκόνες.

Για το σχηματισμό ράβδου, η σκόνη του πολυμερούς αρχικά συμπιέζεται εν ψυχρώ, με εφαρμογή πίεσεως της τάξης των 350 MPa.

Εν συνεχεία υφίσταται ψύξη σε θερμοκρασία 360-380°C οπότε λαμβάνει χώρα επίτηξη στα όρια των κόκκων, ιξώδης ροής του πολυμερούς και συνεπώς, εξάλειψη μεγάλου μέρους του πορώδους του.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη μορφοποίηση Teflon (PTFE) και πολυαιθυλενίου υψηλού μοριακού (UHMWPE)

Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται οι μέθοδοι μορφοποίησης που χρησιμοποιούνται για τα κυριότερα θερμοπλαστικά πολυμερή.

	Εκβολή	Χύτευση με έγχυση	Χύτευση με εμφύσηση	Θερμομόρφωση	Χύτευση με συμπίεση	Χύτευση μεταφοράς
Ακρυλικά	x	x	x	x		
ABS	x	x	x	x		
Οξική κυτταρίνη	x	x		x	x	
Nylon	x	x	x			
Πολυανθρακικά	x	x	x	x		
Πολυαιθυλένιο	x	x	x	x		
Πολυπροπυλένιο	x	x	x	x		
Πολυστηρένιο	x	x	x	x		
Teflon (PTFE)	x	x				
Πολουρεθάνη	x	x				
PVC	x	x	x	x	x	x

(Πίνακας 14: Κατεργασίες μορφοποίησης για τα κυριότερα θερμοπλαστικά)

6.5 Μορφοποίηση θερμοσκληρυνόμενων πολυμερών & ελαστομερών

Η μορφοποίηση των θερμοσκληρυνόμενων πολυμερών και των ελαστομερών γίνεται με τεχνικές χύτευσης και συνήθως με χύτευση με συμπίεση, χύτευση μεταφοράς και χύτευση με έγχυση.

Στη συνέχεια θα αναπτυχθούν οι δύο πρώτες μέθοδοι.

Η τελευταία έχει ήδη αναπτυχθεί στην παράγραφο μορφοποίησης θερμοπλαστικών πολυμερών.

α) ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ (compression moulding)

Η μέθοδος χύτευσης με συμπίεση των πολυμερών είναι ανάλογη της σφυρηλάτησης κλειστής μήτρας που χρησιμοποιείται στις κατεργασίες μετάλλων

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως στην περίπτωση των θερμοσκληρυνόμενων πολυμερών

Το στερεό υλικό μίγμα ρητίνης και σκληρυντικού, τοποθετείται σε θερμαινόμενη μήτρα όπου με εφαρμογή υψηλής πίεσης προκαλείται τήξη και πλήρωση του καλουπιού με ταυτόχρονο πολυμερισμό και σκλήρυνση του υλικού (σχήμα 38).

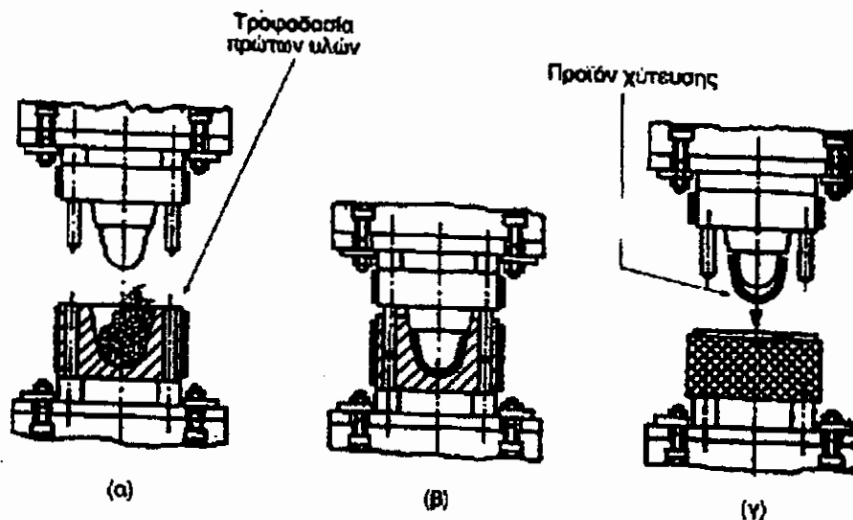
Ο χρόνος πήξεως κυμαίνεται από 10sec έως 10min ανάλογα με το μέγεθος του τεμαχίου.

Οι ασκούμενες πιέσεις (έως 70MPa) είναι μικρότερες αυτών που αναπτύσσονται κατά τη χύτευση με έγχυση.

Παραλλαγή της μεθόδου αποτελεί η χύτευση με συμπίεση εν ψυχρώ (cold moulding) κατά την οποία σκόνη του πολυμερούς τροφοδοτείται στη μήτρα συμπίεσης παρουσία κάποιου συνδετικού υλικού (binder). Μετά την εν ψυχρώ συμπίεση του υλικού το συνδετικό υλικό απομακρύνεται με κατάλληλη θερμική κατεργασία.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου αποτελούν η ελαχιστοποίηση της φθοράς του υλικού, κατά τη μορφοποίηση και η ελαχιστοποίηση των παραμενουσών μηχανικών τάσεων στο τελικό προϊόν.

Η μέθοδος αυτή αν και αποτελεί κύρια μέθοδο μορφοποίησης θερμοσκληρυνόμενων πολυμερών , μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην περίπτωση θερμοπλαστικών , όπως ABS , PMMA , PS και UHMWPE.



Σχήμα 38 : Σχηματική παράσταση της διαδικασίας χύτευσης με συμπίεση : (α) Τοποθέτηση της πρώτης ύλης . (β) Συμπίεση με ταυτόχρονη θέρμανση . (γ) Λήψη τελικού προϊόντος .

β) ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (transfer moulding)

Η μορφοποίηση με χύτευση μεταφοράς πραγματοποιείται σε διπλό θάλαμο (σχήμα 39):

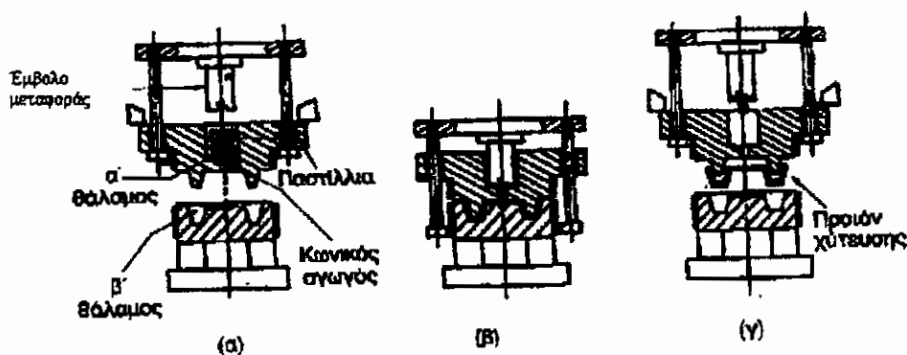
1) Στον πρώτο θάλαμο τα δύο συστατικά του πολυμερούς (ρητίνη και σκληρυντικά) θερμαίνονται υπό πίεση και τήκονται. Εδώ , πραγματοποιείται η απαραίτητη θερμοκρασιακή ομογενοποίηση της πρώτης ύλης.

2) Το τήγμα της πρώτης ύλης ψεκάζεται στο δεύτερο θάλαμο όπου και γίνεται ο πολυμερισμός της.

Η έγχυση γίνεται μέσω θερμαινόμενου κωνικού αγωγού , έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η κατάλληλη μείωση του ιξώδους του τήγματος και να δύναται αυτή να πληρώνει επακριβώς τη μήτρα.

Η μέθοδος αυτή συνεπώς , αποτελεί συνδυασμό των μεθόδων χύτευσης με συμπίεση και χύτευσης με έγχυση , αλλά οι πιέσεις που αναπτύσσονται εδώ είναι πολύ μεγαλύτερες: της τάξεως των 300 MPa.

Η μέθοδος ενδείκνυται για την κατασκευή εξαρτημάτων πολύπλοκης γεωμετρίας. Και αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη μορφοποίηση ορισμένων θερμοπλαστικών πολυμερών.



Σχήμα 39 : Σχηματική παράσταση μορφοποίησης με χύτευση μεταφοράς : (α) Τροφοδότηση της πρώτης ύλης στο πρώτο θάλαμο . (β) Τήξη της πρώτης ύλης στο πρώτο θάλαμο και ψεκασμός του τήγματος στο δεύτερο θάλαμο και ψεκασμός του τήγματος στο δεύτερο θάλαμο όπου και πολυμερίζεται . (γ) Παραλαβή του προϊόντος

Στον πίνακα 15 παρουσιάζονται οι μέθοδοι μορφοποίησης που χρησιμοποιούνται για τα κυριότερα θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή.

	Χύτευση με συμπίεση	Χύτευση μεταφοράς	Χύτευση με έγχυση
Αλκυδικά	X	X	X
Πολυαμίνες	X	X	X
Εποξυδικές ρητίνες	X		
Φαινολικά	X	X	X
Πολυεστέρες	X		
Πολυαμίδια	X		
Πολυουρεθάνες	X		
Σιλκόνες	X	X	

(Πίνακας 15 : Κατεργασίες μορφοποίησης για τα κυριότερα θερμοσκληρυνόμενα.)

6.6. Ελαττώματα προϊόντων μορφοποίησης μέσω τήγματος

Κατά τη μορφοποίηση πολυμερών με τεχνικές που απαιτούν τήξη της πρώτης ύλης (melt-processing techniques), όπως είναι η εκβολή, η χύτευση με έγχυση και η χύτευση με συμπίεση, πολύ σημαντική παράμετρο για το συνδυασμό της μήτρας, αποτελεί η ελαστική συμπεριφορά του τήγματος κατά την εργασία. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη χύτευση, σε ορισμένες περιοχές του ρευστού ο παράγοντας που επηρεάζει κυρίως τη ροή του τήγματος είναι η ελαστική συνιστώσα της τάσης.

Για τους μεγάλους ρυθμούς παραγωγής σε βιομηχανική κλίμακα, η ελαστική συμπεριφορά του τήγματος επηρεάζει ακόμα πιο πολύ τις διαστάσεις προϊόντος με αποτέλεσμα την όλο και μεγαλύτερη απόκλιση του τελικού προϊόντος από το επιθυμητό σχήμα. Συνέπεια αυτού του φαινομένου είναι η εμφάνιση διαφόρων ελαττωμάτων στο τελικό προϊόν.

Τα συνήθη ελαττώματα που παρουσιάζουν τα πολυμερή που μορφοποιήθηκαν μέσω τήγματος, περιγράφονται παρακάτω:

α) Διόγκωση κατά την έξοδο από τη μήτρα (die swell)

Αναφέρεται στη διόγκωση του πολυμερούς κατά την έξοδο του από τη μήτρα.

Αποτελεί το χαρακτηριστικότερο και συνηθέστερο ελάττωμα κατά τη μορφοποίηση.

β) Αστοχία τήγματος (melt fracture)

Πρόκειται για τη δημιουργία τοπικών ασυνεχειών μέσα στο τήγμα.

Η ανομοιογένεια του τήγματος οδηγεί σε μη συμπαγές τελικό προϊόν.

γ) "Δέρμα καρχαρία" ("shark-skin")

Η δημιουργία επιφανειακών ρωγμών στο πολυμερές καθιστά τραχεία την επιφάνειά του, η υφή της οποίας είναι γνωστή με τον όρο "δέρμα καρχαρία".

6.7. Παραγωγή αφρωδών πολυμερών

Η γενική αρχή που διέπει την παρασκευή αφρωδών πολυμερών (foam polymers) είναι η διόγκωση, δηλαδή η διασπορά στη μάζα του πολυμερούς φυσαλίδων αερίου, οι οποίες προέρχονται από την απελευθέρωση κάποιου μέσου διόγκωσης (blowing agent). Όταν οι κυψελίδες της δομής του πολυμερούς είναι κλειστές, το πολυμερές καλείται αφρώδες, ενώ όταν αυτές επικοινωνούν χρησιμοποιείται ο όρος σπογγώδες πολυμερές.

Οι κυριότερες μέθοδοι παραγωγής αφρωδών πολυμερών είναι:

α) Απευθείας διασπορά ενός αερίου στο τήγμα του πολυμερούς με μηχανική ανάδευση.

β) Εξάτμιση διαλύτη από τη μάζα του πολυμερούς.

γ) Παραγωγή αερίου (κυρίως CO₂ και N₂) μέσα στη μάζα του πολυμερούς μετά από χημική αντίδραση προσθέτων.

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει ανάμιξη του πολυμερούς με χημικά μέσα, με αποτέλεσμα την έκλυση φυσαλίδων CO₂ μέσα στο τηγμένο πολυμερές ή στη ρητίνη, για τα θερμοσκληρυνόμενα. Πιο συγκεκριμένα, πολυμερές παράγεται σε μορφή λεπτότατων σφαιριδίων, στα οποία περιέχεται το αέριο διόγκωσης, δίνοντάς στο πολυμερές διογκωτικό μέσο.

Όταν τα σφαιρίδια διαστέλλονται λόγω της έκλυσης του περιεχόμενου αερίου, παρέχουν μεγάλες σφαίρες με 50πλάσια της αρχικής διαμέτρου.

Τα σφαιρίδια αυτά συγχύονται σε καλούπια με το κύριο πολυμερές υλικό και δημιουργούνται υπερελαφρά προϊόντα όπως ποτήρια, υλικά συσκευασίας και μονωτικά.

δ) Με εκτόνωση, ελατώνοντας την εξωτερική πίεση κάποιου ήδη διαλελυμένου αερίου υπό μορφή φυσαλίδων.

Ανάλογα με το μηχανισμό διόγκωσης τα διογκωτικά μέσα ταξινομούνται σε φυσικά και χημικά μέσα, στις περιπτώσεις κατά τις οποίες το αέριο διόγκωσης παράγεται μέσω φυσικής (π.χ. εξάτμιση) ή χημικής διεργασίας (π.χ. χημική αντίδραση), αντίστοιχα.

Η κινητική της διόγκωσης περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια:

α) Την πυρηνοποίηση.

Στα κρυσταλλικά πολυμερή, κέντρα πυρηνοποίησης αποτελούν τα όρια των κρυστάλλων.

Το στάδιο της πυρηνοποίησης συναντάται πολύ συχνά στους μετασχηματισμούς φάσεων μεταλλικών και κεραμικών υλικών.

β) Την ανάπτυξη.

Ο ρυθμός της οποίας είναι ανάλογος της παραμορφωσιμότητας των τοιχωμάτων της εκλυόμενης φυσαλίδας.

γ) Τη σταθεροποίηση.

Κατά την οποία αναστέλλεται η δημιουργία φυσαλίδων με ψύξη του υλικού.

Ακολουθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα παραγωγής αφρώδων πολυμερών:

1) ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΟ ΠΟΛΥΣΤΥΡΕΝΙΟ ή ΦΕΛΙΖΟΛ (expanded polystyrene)

Ένας πτητικός υδρογονάνθρακας, συνήθως πεντάνιο διασπείρεται ως μέσο διόγκωσης στη μάζα των σφαιριδίων του πολυμερούς.

Μετά από θέρμανση του υλικού με ατμό, επιτυγχάνεται προ-διόγκωση των σφαιριδίων, τα οποία αποθηκεύονται με στόχο την εξάτμιση της υγρασίας τους.

Στη συνέχεια τα σφαιρίδια εισάγονται στη μήτρα, όπου θερμαίνονται με ατμό μέχρι τελικής διόγκωσης του πολυμερούς.

Ακολουθεί ψύξη.

Η τελική πυκνότητα αφρώδους πολυμερούς που προέκυψε από διόγκωση σφαιριδίων μεγάλης διαμέτρου κυμαίνεται μεταξύ 15 και 30 kg/m³.

Η χρήση διογκωτικών σφαιριδίων μικρής διαμέτρου δίνει αφρώδες πολυμερές υψηλότερης πυκνότητας (50-65 kg/m³).

2) ΑΦΡΩΔΗ ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΕΚΒΟΛΗΣ (extruded thermoplastic foams)

Πολύ συχνά, το αέριο διόγκωσης τροφοδοτείται στο τήγμα του πολυμερούς μέσα στο θάλαμο εκβολής.

Η διόγκωση λαμβάνει χώρα κατά την έξοδο του πλαστικού φύλλου από τη μήτρα.

Προκειμένου να ρυθμιστεί το μέγεθος της κυψελίδας του αφρώδους, η πρώτη ύλη αναμιγνύεται με λεπτόκοκκη, ξηρή σκόνη, συνήθως TiO₂, η οποία παίζει το ρόλο του καταλύτη της πυρηνοποίησης, αφού οι φυσαλίδες δημιουργούνται επιλεκτικά στις επιφάνειες της σκόνης.

Οι κύριες εφαρμογές αυτής της κατηγορίας αφορούν σε υλικά συσκευασίας από πολυστυρένιο και πολυαιθυλένιο, με πυκνότητες μεταξύ 30 και 150 kg/m³.

3) ΔΟΜΙΚΑ ΑΦΡΩΔΗ ΠΟΛΥΜΕΡΗ (structural foams)

Οι επιφάνειες αφρώδων υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για κατασκευές, θα πρέπει να έχουν στιβαρότητα.

Για τέτοιου είδους χρήσεις, το πολυμερές χυτεύεται σε καλούπι με ψυχρά τοιχώματα, όπου το τήγμα στερεοποιείται ταχύτατα δίνοντας στιβαρή "επιδερμίδα".

Η καρδιά του χυτού ψύχεται με βραδύτερους ρυθμούς, σχηματίζοντας αφρώδες υλικό.

Όλα τα θερμοπλαστικά, όπως π.χ. το ABS, μπορούν να μορφοποιηθούν με τη μέθοδο της χύτευσης με έγχυση, με μεγάλες ταχύτητες, έτσι ώστε η πυκνότητά τους να φτάσει το 60-90% της θεωρητικής τιμής για το συμπαγές υλικό.

Τα προϊόντα που παρασκευάζονται με αυτή τη μέθοδο βρίσκουν εφαρμογές σε πλαίσια και κιβώτια ηλεκτρονικών υπολογιστών, θήκες ηλεκτρικών συσκευών, κλπ.

4) ΑΦΡΩΔΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΛΥΣΥΣΤΑΣΙΑΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΜΙΓΜΑΤΩΝ (multicomponent liquid foam processing).

Μίγμα μονομερών ψεκάζεται ή εγχέεται σε μήτρες, με σκοπό τον in-situ σχηματισμό αφρωδών θερμοσκληρυνόμενων υλικών.

Επίσης, η παραγωγή αφρωδών πολυμερών μπορεί να συνδυαστεί με την τεχνική χύτευσης με έγχυση και χημική αντίδραση.

Η τεχνική βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή και τη μορφοποίηση αφρώδους πολυουρεθάνης, η αποκτώμενη πυκνότητα της οποίας μπορεί να φτάσει ως 500 kg/m^3 . Τα πλαίσια θυρών και επίπλων αποτελούν τα κυριότερα προϊόντα που κατασκευάζονται με αυτήν την τεχνική.

6.8. Τεχνικές σύνδεσης πολυμερών

Η σύνδεση των πολυμερών (joining of polymers) γίνεται με τις ακόλουθες τεχνικές:

α) ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ (mechanical fastening)

Πραγματοποιείται κυρίως με τη χρήση κοχλιών.

β) ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ (thermal bonding)

Αναφέρεται στη σύνδεση θερμοπλαστικών πολυμερών με θέρμανση και εφαρμογή πίεσης.

Προκειμένου να δημιουργηθεί υγιής σύνδεση, απαιτείται σχολαστική καθαριότητα των επιφανειών συγκολλήσεως.

Χρησιμοποιούνται διάφορες παραλλαγές:

1) Συγκόλληση με θερμαινόμενα εργαλεία ή ράουλα (heated tooling ή rollers).

Είναι κατάλληλη για συγκολλήσεις λεπτών πλαστικών φύλλων, π.χ. PFSPTFE.

2) Σύνδεση με τριβή (friction joining).

Τα προς συγκόλληση τεμάχια έρχονται σε επαφή και μετά από περιστροφή ή από δόνηση, εκλύεται θερμότητα στη διεπιφάνεια, με αποτέλεσμα την τοπική τήξη και συγκόλληση.

3) Συγκόλληση θερμού σύρματος (hot wire welding).

Μεταλλικό σύρμα ενσωματώνεται στην επιφάνεια. επαφής των δύο πλαστικών τεμαχίων. Κατά τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσω του σύρματος, απελευθερώνεται θερμότητα, μέσω του φαινομένου Joule, και αφού καούν τοπικά τα πολυμερή, εφαρμόζεται πίεση, η οποία οδηγεί στη συγκόλληση των τεμαχίων.

4) Σύνδεση με διηλεκτρική θέρμανση (dielectric heating).

Λαμβάνει χώρα όταν τα προς σύνδεση τεμάχια εισέλθουν σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Η συχνότητα του πεδίου κυμαίνεται από 1 έως 200 MHz.

Η τεχνική ενδείκνυται για συνδέσεις πολυμερών πολωμένων μακρομορίων, όπως π.χ. το PVC.

5) Ηλεκτρομαγνητική ή μαγνητική σύνδεση (electromagnetic bonding ή magnetic heat sealing).

Λεπτά μαγνητικά σωματίδια, με διάμετρο περίπου $1 \mu\text{m}$, εγκιβωτίζονται στη μάζα του πολυμερούς και τα προς σύνδεση τεμάχια. εισάγονται σε μαγνητικό πεδίο υψηλής συχνότητας.

Η θέρμανση των μαγνητικών σωματιδίων έχει ως αποτέλεσμα την τήξη και τη σύνδεση των πλαστικών.

6) Συγκόλληση θερμού αερίου (hot-gas welding).

Πηγή θερμότητας είναι είτε θερμός αέρας , είτε θερμό αδρανές αέριο.
Είναι απαραίτητη η χρήση κυλίνδρου πληρωτικού υλικού , από το ίδιο
θερμοπλαστικό , προκειμένου να αναπληρωθεί το υλικό στη ραφή.

γ) ΣΥΝΕΝΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ (adhesive bonding)

Αποτελεί την ευκολότερη και την πιο διαδεδομένη απ' όλες τις τεχνικές σύνδεσης
πολυμερών , πολυμερών μετάλλων και πολλών άλλων συνδυασμών υλικών.

Το συνδετικό υλικό μπορεί να είναι είτε ένα μονομερές , όπως π.χ. στη σύνδεση
PMMA είτε ένα ελαστομερές , είτε ένα θερμοσκληρυνόμενο , π.χ. εποξυδική ρητίνη
υλικό , ευρισκόμενο μέσα σε κατάλληλο οργανικό πτητικά διαλύτη.

Η χρήση του διαλύτη αυτού , οδηγεί στη χαλάρωση των δεσμών συνάφειας στις προς
σύνδεση επιφάνειες , τα μόρια των οποίων δύνανται να ενωθούν μεταξύ τους.

Η συνένωση των δύο επιφανειών επιτυγχάνεται , μετά την εξάτμιση του διαλύτη.

ΤΜΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΦΙΛΜ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Εισαγωγή

Στο τμήμα αυτό της εργασίας μας θα ασχοληθούμε με τη διαδικασία κατασκευής πλαστικών φιλμ συσκευασίας .
Μία διαδικασία αρκετά πολύπλοκη , δύσκολη που απαιτεί εξειδικευμένα μέσα και αρκετό προσωπικό .

Σε μία βιομηχανική μονάδα που παράγει αυτό το προϊόν , τα πλαστικά φιλμ συσκευασίας δηλαδή , συναντάμε την ίδια οργανωτική δομή που βρίσκουμε και σε οποιαδήποτε άλλη βιομηχανική παραγωγική μονάδα.

Δομή που ξεκινά από το τμήμα διοίκησης και συνεχίζει στα διάφορα τμήματα που απαιτούνται από το παραγόμενο προϊόν.

Στη περίπτωση μιας μονάδας κατασκευής πλαστικών φιλμ συσκευασίας διακρίνουμε αρχικά τους αποθηκευτικούς χώρους εν συνεχεία το τμήμα επεξεργασίας πρώτης ύλης το τυπογραφείο και καταλήγουμε στο τμήμα κοπτικών μηχανών ή συσκευασίας που θεωρείται ένα και το αυτό σε αυτές τις μονάδες .

Στο τμήμα αυτό της εργασίας μας θα περιγράψουμε όσο το δυνατόν πιο κατανοητά , αλλά και αρκετά αναλυτικά , την όλη διαδικασία κατασκευής πλαστικών συσκευασίας . Πιο πριν όμως σκοπεύουμε να δώσουμε στους αναγνώστες της εργασίας μας τη δυνατότητα να κατανοήσουν τι ακριβώς εννοούμε όταν μιλάμε για πλαστικά συσκευασίας καθώς και θα ξεκαθαρίσουμε σε πιο είδος πλαστικού πρόκειται να αναφερθούμε.

Πιστεύουμε ότι με όσα αναφέραμε για τα πλαστικά στο προηγούμενο τμήμα της εργασίας μας έχουμε είδη δημιουργήσει το υπόβαθρο για την καλύτερη κατανόηση των όσων θα ακολουθήσουν , υπόβαθρο το οποίο θα ξεκαθαρίζει κάθε θεωρητικό ερώτημα που μπορεί να δημιουργείται κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης .

Κλείνοντας τη μικρή αυτή εισαγωγή που πιστεύουμε ότι δίνει τα περιεχόμενα του δευτέρου τμήματος της εργασίας μας θέλουμε να προσθέσουμε ότι είχαμε την ευκαιρία και οι τρεις συγγραφείς της εργασίας να βρεθούμε σε μια τέτοια βιομηχανική μονάδα όπου και ο ένας από εμάς πραγματοποίησε την πρακτική του άσκηση , πιο συγκεκριμένα την " ΦΛΕΞΟ Α.Β.Ε. " των αδελφών Χαρίτου , και να κατανοήσουμε καλύτερα τη τόσο ενδιαφέρουσα διαδικασία κατασκευής πλαστικών φιλμ συσκευασίας .

1. Γιατί πλαστικό και όχι κάτι άλλο

Οι λόγοι για τον οποίο εφευρέθηκε το πλαστικό που θα λέγαμε ότι έχει πλέον ηλικία "σαραντάρη" είναι αρκετοί και σημαντικοί .

Το πλαστικό ανεπτύχθη διότι προσφέρει σαν υλικό πλεονεκτήματα που άλλα υλικά , τουλάχιστον τα υπάρχοντα , δεν μπορούν να προσφέρουν .

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει σαν υλικό είναι , χωρίς να τηρούμε στην αναφορά μας σε αυτά κάποια σειρά

α) Εμφάνιση

- β) Αντοχή
- γ) Κόστος
- δ) Πληρούν ιδιαιτερότητες ορισμένων προϊόντων

Αιτιολογώντας το κάθε ένα από αυτά τα πλεονεκτήματα θα μπορούσαμε να πούμε ότι:

Το πλαστικό έχει τη δυνατότητα σαν υλικό να παράγεται διαυγές όσο το νερό αλλά και με ποικίλες χρωματικές αποχρώσεις, δεν αναφερόμαστε σε βαφή μετά την παραγωγή, αλλά σε απόχρωση που δίνεται στο πλαστικό με ανάμιξη κατά τη παραγωγή του.

Αυτό θα το δούμε στη συνέχεια πιο αναλυτικά.

Το πλαστικό αναλόγως βέβαια και της χημικής του σύστασης μπορεί να παρουσιάσει υψηλότερη αντοχή σε μικρό πάχος. Όταν λέμε αναλόγως της χημικής σύστασης αναφερόμαστε σε καθαυτού πλαστικό, χωρίς προσμίξεις διαφόρων ουσιών εκτός των θεωρούμενων πλαστικών. Πρέπει εδώ να πούμε πως σε περιπτώσεις άλλων υλικών, συναφών με το πλαστικό, προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή αντοχή γίνεται χρήση ουσιών ξένων του υλικού. Και σε αυτό όμως θα αναφερθούμε παρακάτω.

Εν συνεχεία σαν πλεονέκτημα συναντούμε το κόστος το οποίο θεωρούμε ότι είναι το "ατού" για τη χρήση του πλαστικού.

Οι λόγοι για τους οποίους το πλαστικό έχει χαμηλό κόστος, χαμηλό πάντα σε σύγκριση με κάποιο άλλο υλικό γιατί τα ποσά για να παράγεις πλαστικό δεν παύουν να είναι υπέρογκα, είναι διότι και σαν πρώτη ύλη είναι χαμηλότερου κόστους αλλά και για τη παραγωγή του πλαστικού το κόστος των μηχανημάτων είναι μικρότερο. Ένας άλλος λόγος για τον οποίο πιστεύουμε ότι το πλαστικό έχει διατηρηθεί σε χαμηλότερο κόστος από άλλα υλικά είναι ότι επικράτησε εναντίον του μια επίθεση η οποία βασίστηκε στην μη δυνατότητα ανακύκλωσης του αρχικά και στο ότι για να αφομοιωθεί από το έδαφος απαιτούνται πολλά χρόνια. Επίθεση που τελικά μπορεί να το ευνόησε σαν υλικό διότι βελτιώθηκε εφόσον έγινε ανακυκλώσιμο και πλέον αργεί πολύ να βρεθεί στη φάση εναπόθεσης του σε χωματερές προς αφομοίωση με το έδαφος.

Τέλος το πλαστικό έχει την ιδιαιτερότητα να χρησιμοποιείται από προϊόντα που καλύπτονται από τις δυνατότητες που έχει σαν υλικό σε συνδυασμό με το κόστος. Δυνατότητες συσκευασίας που παρέχει όπως π.χ. ή αεροστεγής, χαμηλό βάρος αλλά και η διαύγεια την οποία προανέφερα.

1.1. Έννοια πλαστικών συσκευασίας

Πλαστικά συσκευασίας είναι όλα τα "περιτυλίγματα" μπορούμε να πούμε που συναντάμε στη καθημερινή μας ζωή.

Παραδείγματα υπάρχουν πολλά και μπορούμε να αναφέρουμε κάποια όπως δηλαδή οι κλασικές πλέον θα λέγαμε πλαστικές συσκευασίες για τις χαρτοπετσέτες που βρίσκουμε στην αγορά, πλαστικές συσκευασίες για τα χάρτινα ρολά κουζίνας αλλά και πλαστικές συσκευασίες που προορίζονται για αγαθά εκτός από χαρτί που χρησιμοποιούμε στη καθημερινή μας ζωή όπως τα γάντια, κουζίνας ή τα έντυπα που έρχονται ταχυδρομικά στο σπίτι μας.

Πλαστικές συσκευασίες χρησιμοποιούνται όμως και σε τρόφιμα.

Παραδείγματα όπως οι πλαστικές συσκευασίες που περιέχουν αλάτι , ζυμαρικά , όσπρια σταφίδα υπάρχουν πάρα πολλά .

Βέβαια το είδος του πλαστικού που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε προϊόν που πρόκειται να συσκευαστεί αλλάζει , ποτέ όμως δεν χρησιμοποιούνται ξένες ουσίες στη σύσταση παρά μόνο πλαστικό .

Πρόκειται για ό τι ήδη αναφέραμε σε προηγούμενα κεφάλαια .

Εν συνεχεία θα αναφερθούμε πιο συγκεκριμένα στο είδος του πλαστικού που επεξεργάζεται η βιομηχανική μονάδα την οποία χρησιμοποιούμε ως πρότυπο .

1.2. Αναφορά στα υλικά που χρησιμοποιούνται στα πλαστικά συσκευασίας

Στα πλαστικά συσκευασίας που προορίζονται για αγαθά που δεν έχουν σχέση με τρόφιμα τα οποία να απαιτούν ιδιαίτερη προστασία χρησιμοποιείται επί το πλείστον πολυαιθυλένιο μικρής αντοχής .

Σε περιπτώσεις που έχουμε προϊόντα όπως π.χ. ζυμαρικά , σταφίδα που απαιτούν κάποια ιδιαίτερη προστασία τότε γίνεται χρήση πολυπροπυλενίου το οποίο έχει άλλες ιδιαιτερότητες σαν υλικό συσκευασίας .

Σαν συσκευασία μπορεί κάποιος να θεωρήσει και τις σακούλες που βρίσκουμε στα Super Market .

Οι σακούλες αυτές είναι κατασκευασμένες από πολυαιθυλένιο αλλά το πολυαιθυλένιο χωρίζεται σε δύο κατηγορίες όπως αναφέραμε στο πρώτο τμήμα της εργασίας μας:

- α) Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας
- β) Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας

Εδώ έχει να κάνει καθαρά η απαίτηση για αντοχή ή όχι στη συσκευασία και αυτό γιατί στην περίπτωση που η συσκευασία προορίζεται για χαρτοπετσέτες λόγω χάρη δεν απαιτείται υψηλή αντοχή στη συσκευασία έτσι χρησιμοποιούμε πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας , στη περίπτωση όμως που θέλουμε υψηλή αντοχή όπως δηλαδή στις σακούλες των Super Market χρησιμοποιούμε το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας .

Πρέπει να αναφέρουμε πώς υψηλή αντοχή μπορεί να επιτευχθεί και με το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας αν απλά αυξήσουμε το πάχος του .

Βέβαια σε αυτή τη περίπτωση αυξάνει το κόστος αλλά και η δυσκολία στη καθεαυτού διαδικασία συσκευασίας του προϊόντος .

Με τη χρήση πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας επιτυγχάνουμε υψηλή αντοχή σε χαμηλό βάρος.

1.3. Αναφορά στο υλικό που συναντήσαμε να χρησιμοποιείται

Στη βιομηχανική μονάδα αναφοράς μας χρησιμοποιείται κυρίως πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας καθώς και πολυπροπυλένιο .

Σε αυτό παίζει ρόλο καθαρά το ποιοι είναι οι πελάτες που πραγματοποιούν τις παραγγελίες και στην συγκεκριμένη βιομηχανική μονάδα έχουμε να κάνουμε με πελάτες που σχετίζονται με προϊόντα που δεν έχουν απαιτήσεις υψηλής αντοχής , άρα δεν απαιτείται χρήση πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας , στη συσκευασία .

Πολυαιθυλένιο λοιπόν χαμηλής πυκνότητας αλλά και πολυπροπυλένιο το οποίο χρησιμοποιείται για συσκευασίες που προορίζονται για προϊόντα σχετικά με τρόφιμα .

Το πολυαιθυλένιο που συναντήσαμε να χρησιμοποιείται προέρχεται από χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης όπως η Γερμανία και η Γαλλία .

Το πολυαιθυλένιο έχει διάφορους τύπους με διαφορετικές ικανότητες αντοχής ο κάθε ένας από αυτούς .

(3721 C , 3026 K , 2426 F , 2426 K , 2420 D , 1840 D)

Το πολυαιθυλένιο έχει λευκό χρώμα και έχει οσμή η οποία ποικίλει αναλόγως τον τύπο που έχουμε πρόκειται άλλωστε για πετροχημικό που όπως γνωρίζουμε έχουν οσμή.

Αναφορικά καταγράψαμε μόνο μερικούς τύπους πολυαιθυλενίου με χρήση των οποίων το παραγόμενο προϊόν έχει διαφορετική ικανότητα αντοχής που εξυπηρετεί και ικανοποιεί τις απαιτήσεις του πελάτη .

Στο πλαστικό συσκευασίας εμφανίζεται συχνά η ανάγκη στον πελάτη να έχει υψηλή ολίσθηση και το αντίθετο .

Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται πολυαιθυλένιο εμποτισμένο με παραφίνη στην περίπτωση που υπάρχει η ανάγκη μεγαλύτερης ολίσθησης του πλαστικού συσκευασίας ή στην αντίθετη περίπτωση πολυαιθυλένιο εμποτισμένο σε ανθρακικό ασβέστιο που αυξάνει το συντελεστή τριβής του πλαστικού συσκευασίας .

Υπάρχουν περιπτώσεις που απαιτείται ο χρωματισμός του πλαστικού συσκευασίας , σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιείται πολυαιθυλένιο το οποίο έχει εμποτιστεί με διάφορες χρωστικές ουσίες οι οποίες βοηθούν στο να αποκτήσει το παραγόμενο πλαστικό συσκευασίας το χρώμα που επιθυμεί ο πελάτης

Εδώ όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό αναφερόμαστε στα πρόσθετα για τα οποία μιλήσαμε αναλυτικότερα στο πρώτο τμήμα της εργασίας μας .

Συνοπτικά λοιπόν στη βιομηχανική μονάδα που βρεθήκαμε χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες διάφοροι τύποι πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (low density polyethilene) συν τα διάφορα άλλα πρόσθετα όπως οι χρωστικές ουσίες που θα αποδώσουν στο εξαγόμενο προϊόν την χρωματική απόχρωση που επιθυμεί ο πελάτης , ενώ δεν ξεχνάμε και άλλα πρόσθετα στα οποία αναφερθήκαμε όπως λιπαντικά , αντιστατικά και πρόσθετα που τροποποιούν τις μηχανικές ιδιότητες .

Κλείνοντας αυτή τη παράγραφο πρέπει να αναφέρουμε ότι πλέον μιλάμε μόνο για μορφοποίηση θερμοπλαστικών πολυμερών και συγκεκριμένα με τη μέθοδο της εκβολής.

2. Διοίκηση

Ανέφερα νωρίτερα την οργανωτική δομή μιας βιομηχανικής μονάδας η οποία παράγει τα πλαστικά συσκευασίας .

Ξεκινάμε την αναφορά μας λοιπόν με το διοικητικό μέρος το οποίο πιστεύουμε ότι είναι και αυτό που δίνει την ζωή σε όλη τη βιομηχανική μονάδα παραγωγής του πλαστικού συσκευασίας .

Πρέπει λοιπόν να αιτιολογήσουμε την άποψη μας αυτή .

Το διοικητικό μέρος της βιομηχανικής μονάδας πρέπει να φροντίζει πέρα από τις συνήθεις εργασίες που έχει , δηλαδή λογιστικά , τήρηση αρχείου κ.α. να:

α) Ασχοληθεί με τη διαφήμιση με σκοπό την εύρεση πελατών

β) Την αποστολή δειγμάτων προϊόντων που μπορεί να έχει ζητήσει ο υποψήφιος πελάτης

- γ) Τη λήψη των παραγγελιών και ταξινόμηση τους κατά σειρά προτεραιότητας
 - δ) Την παραγγελία πρώτων υλών .
 - ε) Τη διαμόρφωση των παραγγελιών στη κατάλληλη μορφή για να γίνει κατανοητή από το κάθε τμήμα που θα την ετοιμάσει .
 - στ) Τέλος την αποστολή της παραγγελίας στον πελάτη .
- Εργασίες που είναι αρκετά πολύπλοκες με πολλές δυσκολίες και ιδιαιτερότητες αν τις παρατηρήσουμε μία μία από κοντά .

2.1. Διαφήμιση

Αναφέραμε λοιπόν ότι θα πρέπει η εταιρεία να διαφημιστεί έτσι ώστε να γίνει γνωστή σε επιχειρηματίες οι οποίες έχουν ανάγκη το προϊόν της βιομηχανικής μονάδας . Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτό είναι με δημοσιεύσεις διαφημίσεων σε έντυπα που απευθύνονται σε επιχειρηματίες που προαναφέραμε . Είναι μία δουλειά που γίνεται σε οποιαδήποτε επιχείρηση άλλωστε . Σε αυτό το τομέα πρέπει να πούμε ότι μπαίνει και το κομμάτι εκείνο που αναφέρεται στην αποστολή δειγμάτων δουλειάς ή δείγματα του συγκεκριμένου υποψήφιου , προϊόντος .

2.2. Διαμόρφωση παραγγελιών

Επόμενη δουλειά του τμήματος είναι η πολύπλοκη δουλειά της διαμόρφωσης κάθε παραγγελίας στη μορφή που πρέπει να έχει προκειμένου να γίνει κατανοητή από το κάθε τμήμα που θα αναλάβει τη πραγματοποίηση της παραγγελίας .

Έτσι λοιπόν για την καλύτερη κατανόηση της δουλειάς αυτής θα πάρουμε ως παράδειγμα την περίπτωση που έχουμε μια παραγγελία η οποία έχει ορισμένες ιδιαιτερότητες και απαιτείται να εργαστούν όλα τα τμήματα του εργοστασίου για την πραγματοποίησή της .

Έχουμε λοιπόν μία παραγγελία κάποιας ποσότητας πλαστικού συσκευασίας που πρέπει να έχει κάποιο ορισμένο βάρος και ορισμένες διαστάσεις (μορφή) , καθώς και κάποια ορισμένη απόχρωση .

Ο πελάτης που έδωσε την παραγγελία επιθυμεί να τυπωθεί και ένα σχέδιο πάνω στη συσκευασία που θα παραχθεί από τη βιομηχανική μονάδα , καθώς και το τελικό προϊόν που θα του αποσταλεί να μπορεί να δεχτεί κάποια συγκεκριμένη τάση , να είναι δηλαδή συγκεκριμένης αντοχής.

Πρέπει το πλαστικό συσκευασίας να είναι αρκετά ολισθηρό για να γίνεται πιο εύκολα η συσκευασία του προϊόντος που θα συσκευαστεί .

Η παραγγελία τέλος έχει χαρακτηριστεί σαν επείγουσα .

Το τμήμα της διοίκησης λοιπόν όπως αναφέραμε πρέπει να χωρίσει την παραγγελία στα τμήματα που πρέπει να εργαστούν για τη πραγματοποίησή της . Έτσι λοιπόν η συγκεκριμένη παραγγελία θα ακολουθήσει την εξής , αναφερόμενη στη συνέχεια της εργασίας , πορεία .

α) Καταγράφονται οι διαστάσεις καθώς και η τάση που πρέπει να μπορεί να δεχτεί το τελικό προϊόν , που θα φύγει από τη βιομηχανική μονάδα , και στέλνεται στο εργαστήριο που βρίσκεται στη βιομηχανική μονάδα .

Ο σκοπός του εργαστηρίου είναι ο προσδιορισμός μέσα από σχετικό πείραμα , που θα περιγράψουμε στη συνέχεια , της μέγιστης τάσης που μπορεί να δεχτεί το παραχθέν πλαστικό συσκευασίας , της τάσης θραύσεως και των επιμηκύνσεων που αντιστοιχούν στις προαναφερθείσες τάσεις , επίσης σκοπός του είναι ο έλεγχος τις τριβής που εμφανίζει το παραχθέν πλαστικό συσκευασίας .

Τέλος αποφασίζει ποιο υλικό θα χρησιμοποιηθεί και καθορίζει ποια πρόσθετα θα πρέπει να προστεθούν .

β) Στέλνεται στην αποθήκη της βιομηχανικής μονάδας το βάρος της πρώτης ύλης που θα απαιτηθεί καθώς και οι ποσότητες των πιθανόν προσμίξεων που θα χρειαστούν για να καλυφθούν οι διάφορες ιδιαίτερες απαιτήσεις του πελάτη .

γ) Στέλνονται στο τμήμα της βιομηχανικής μονάδας που κατασκευάζει το πλαστικό συσκευασίας , σε μορφή ρολού , τα απαραίτητα για την παραγωγή της παραγγελίας στοιχεία , δηλαδή

- Η ποσότητα που πρέπει να παραχθεί .
- Οι διαστάσεις με τις οποίες θα πρέπει να παραχθεί .
- Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί .
- Το αν η παραγγελία πρόκειται να πάει και στο τυπογραφείο .
- Το χρώμα που πρέπει να δοθεί ως απόχρωση και σε τι ποσότητα θα γίνει η ανάμιξη του έγχρωμου με το λευκό πολυαιθυλένιο .
- Τα τυχόν πρόσθετα που πρέπει να αναμειχθούν με το υπόλοιπο πολυαιθυλένιο προκειμένου να επιτευχθούν οι ιδιαιτερότητες της παραγγελίας .

δ) Στέλνεται στο τμήμα του τυπογραφείου της βιομηχανικής μονάδας μακέτα του σχεδίου , που επιθυμεί ο πελάτης να έχει πάνω του το πλαστικό συσκευασίας που θα παραλάβει , με ακριβή στοιχεία των διαστάσεων που θα έχει το τελικό προϊόν . Συνήθως στέλνεται δισκέτα υπολογιστή (CD) όπου δίνονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες .

ε) Στέλνεται στο τμήμα των κοπτικών μηχανών η μορφή με την οποία επιθυμεί ο πελάτης να παραλάβει το πλαστικό συσκευασίας με τις ακριβείς διαστάσεις . Πρέπει να αναφέρουμε ότι η διοίκηση θα πρέπει να δώσει τον βαθμό προτεραιότητας στην παραγγελία ανάλογα με τη δυνατότητα που έχει το κάθε τμήμα στη παραγωγή κάτι που φυσικά γίνεται με συνεργασία των τμημάτων .

Αυτή είναι η διαδικασία με την οποία στέλνεται η παραγγελία στο κάθε τμήμα που θα συμμετάσχει στη παραγωγή. Από εκεί και πέρα το κάθε τμήμα είναι υπεύθυνο να προσαρμόσει περαιτέρω τη παραγγελία στο τμήμα του , το πως θα το δούμε σταδιακά στην αναφορά μας στο πώς εργάζεται το κάθε τμήμα .

Εν συνεχεία, παραθέτουμε ένα παράδειγμα παραγγελίας για να βοηθήσουμε στην καλύτερη κατανόηση των όσων αναφέραμε .

ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ

Επωνυμία πελάτη	SOFTEX
Είδος	Πλαστικό συσκευασίας (Σακούλα, Ρολό κουζίνας)
Ποσότητα	3000kg
Διαστάσεις	Όπως αναγράφονται στη μακέτα που προσκομίζεται
Πάχος	65μ
Ημερομηνία παραγγελίας	21 / 8 / 2001
Χρονικό διάστημα παράδοσης	Έως 11 / 9 / 2001
Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά παραγγελίας	Χρήση της επισυναπτόμενης μακέτας για τις ακριβείς διαστάσεις καθώς και του CD που περιέχει το τύπωμα, ακρίβεια στις διαστάσεις , παράδοση στο καθορισμένο χρονικό διάστημα, απαίτηση ιδιαίτερα χαμηλού συντελεστή τριβής, έλεγχος αντοχής.

(Πίνακας 16 : Παράδειγμα δελτίου παραγγελίας)

2.3. Παραγγελία πρώτων υλών

Είναι πολύ σημαντικό ιδιαίτερα για την αξιοπιστία μιας επιχείρησης να μπορεί από τη στιγμή που θα δοθεί η παραγγελία από τον πελάτη να ξεκινήσει σύντομα , ή έστω μέσα στα χρονικά περιθώρια που δίνει ο πελάτης , η παραγωγή της. Είναι συνηθισμένη η δικαιολογία της μορφής " έχουν καθυστερήσει οι πρώτες ύλες " αν και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι αληθινή .

Στη περίπτωση των πλαστικών συσκευασίας υπάρχει το μειονέκτημα του ότι οι πρώτες ύλες έρχονται από χώρες εκτός Ελλάδας και ιδιαίτερα όταν δεν συνεργάζεσαι με αντιπροσώπους στην Ελλάδα αλλά με την ίδια την εταιρεία που παράγει την πρώτη ύλη μπορεί να δημιουργηθεί τέτοιου είδους καθυστέρηση .

Πρέπει λοιπόν η αποθηκευτικοί χώροι της βιομηχανικής μονάδας να είναι ικανοί να αποθηκεύσουν κάποια ικανοποιητική ποσότητα πρώτων υλών ούτως ώστε να μην υπάρχουν καθυστερήσεις αυτής της μορφής .

Καλό είναι να υπάρχει διαρκείς ενημέρωση στα αποθέματα και να προβλέπονται παραγγελίες από τακτικούς πελάτες .

2.4. Αποστολή παραγγελιών στους πελάτες

Είναι μία αρμοδιότητα του διοικητικού τμήματος της βιομηχανικής μονάδας η αποστολή των παραγγελιών στους πελάτες , αν βέβαια έχει συμφωνηθεί κάτι τέτοιο , ενώ θα πρέπει πιο πριν η παραγγελία να έχει συσκευαστεί σωστά , κάτι που γίνεται συνήθως από το τμήμα των κοπτικών μηχανών , προκειμένου να αποσταλεί η παραγγελία χωρίς φθορές στον πελάτη στη μορφή που ζητήθηκε .

Το διοικητικό τμήμα θα πρέπει να ρυθμίσει έτσι την αποστολή των παραγγελιών ώστε να έχει η βιομηχανική μονάδα όσο το δυνατό χαμηλότερο κόστος μεταφορικών .

3. Επεξεργασία πρώτης ύλης

Όπως προαναφέραμε στη μονάδα παραγωγής πλαστικών φιλμ συσκευασίας η πρώτη ύλη φτάνει σε μορφή κόκκων με μέγεθος έως το πολύ 4mm .

Η πρώτη ύλη σύμφωνα πάλι με όσα προαναφέραμε έχει διάφορες ιδιότητες σύμφωνα με τις απαιτήσεις της παραγωγής, επίσης σε περίπτωση που απαιτεί το πλαστικό φιλμ συσκευασίας να έχει κάποια συγκεκριμένη απόχρωση θα πρέπει να γίνει και η ανάμιξη της πρώτης ύλης με πρώτη ύλη που όμως έχει κάποια πρόσθετα που της έχουν δώσει κάποιο χρώμα.

Έτσι λοιπόν σύμφωνα με όλες τις απαιτήσεις της παραγωγής θα αρχίσει η παραγωγή του πλαστικού φιλμ συσκευασίας σε μορφή ρολού με τη μέθοδο της εκβολής. Μέθοδο που προαναφέραμε στο προηγούμενο τμήμα της εργασίας μας και που στη συνέχεια θα αναλύσουμε καλύτερα για να γίνει πιο κατανοητή.

Θα πρέπει όμως πριν από αυτό να δώσουμε ορισμένες απαντήσεις σε εύλογα ερωτήματα που μπορεί να έχουν προκύψει.

Μια πρώτη ερώτηση που προκύπτει είναι γιατί ονομάζεται πλαστικό φιλμ συσκευασίας. Ο λόγος για τον οποίο έχει δοθεί αυτή η ονομασία είναι απλός και αρκετά εύκολος να τον αντιληφθεί κανείς.

Η μορφή του παραγόμενου πλαστικού που είναι πολύ λεπτού πάχους και η συλλογή του μετά την έξοδο από τη μηχανή που επεξεργάζεται τη πρώτη ύλη, σε μορφή ρολού είναι αρκετά ικανοποιητικοί λόγοι που αποδίδουν στο πλαστικό συσκευασίας την ονομασία " φιλμ " .

Η δεύτερη ερώτηση που κάποιος θα έκανε είναι για πιο λόγο το πλαστικό που εξάγεται από τη μηχανή επεξεργασίας πρώτης ύλης συλλέγεται σε μορφή ρολού.

Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει κάτι τέτοιο είναι διότι η μηχανή παράγει το πλαστικό σε τέτοια μορφή που είναι ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος για να συλλέγει το παραχθέν πλαστικό φιλμ συσκευασίας προκειμένου να μπορούμε να το επεξεργαστούμε περαιτέρω.

3.1. Παραγωγή πλαστικού φιλμ συσκευασίας με τη μέθοδο της εκβολής

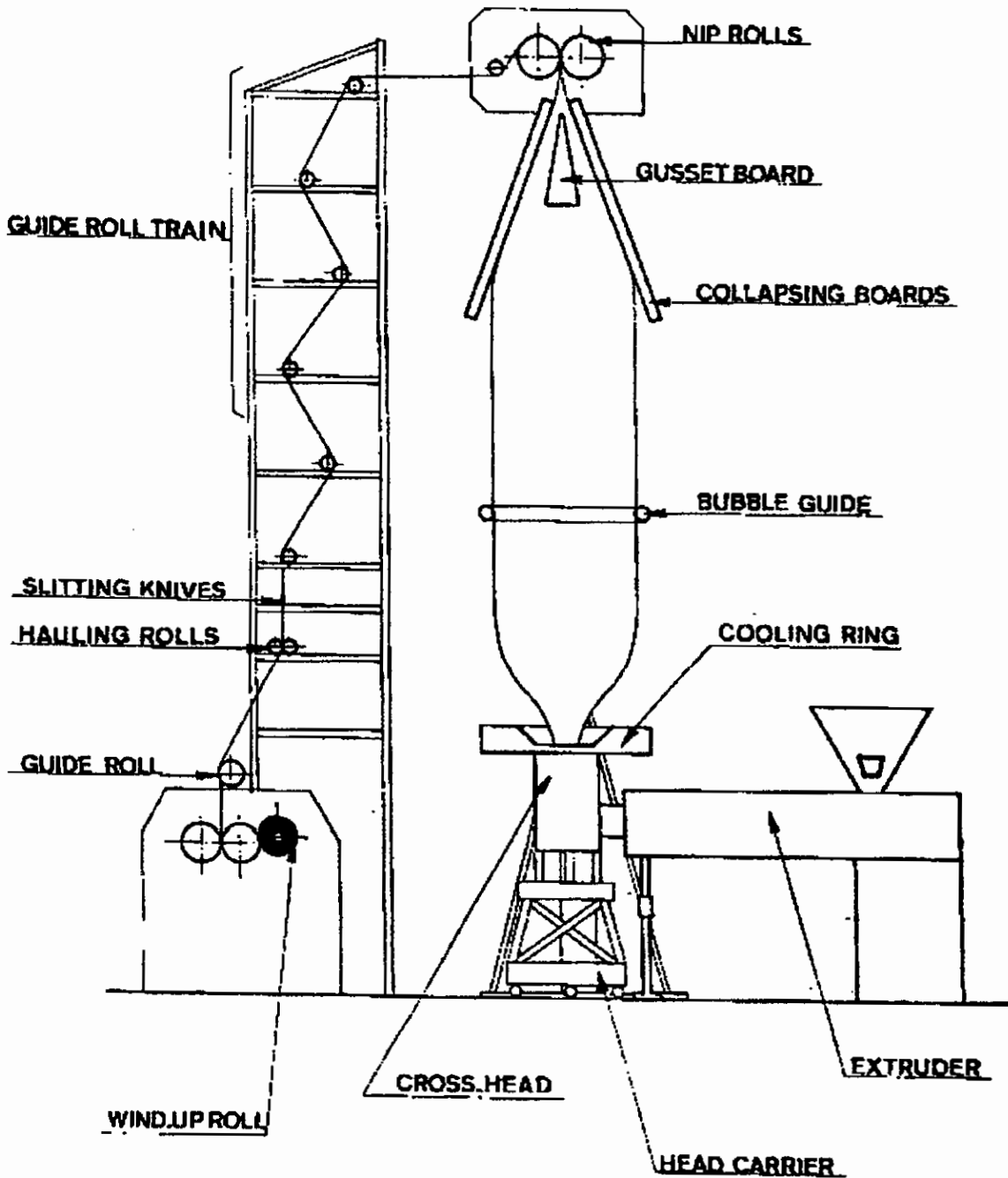
Στη μέθοδο αυτή μιλήσαμε περιληπτικά σε προηγούμενη παράγραφο αλλά κάπως περιληπτικά ή μάλλον περιγραφικά.

Εδώ θα δούμε πιο αναλυτικά την όλη διαδικασία και θα εμβαθύνουμε όσο το δυνατόν και στις σημαντικές ιδιαιτερότητες που εμφανίζει η μέθοδος.

Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά πολύπλοκη δύσκολη και με πάρα πολλές ιδιαιτερότητες.

Θα αναφερθούμε στη μέθοδο παραγωγής πλαστικού φιλμ όσο το δυνατόν αναλυτικότερα έτσι ώστε να γίνει όσο ο δυνατόν πιο κατανοητή.

Έτσι λοιπόν όπως και όλες οι παραγωγικές διαδικασίες σε βιομηχανικές μονάδες και εδώ ακολουθείται μία γραμμή παραγωγής (π.χ. στην αυτοκινητοβιομηχανία η γραμμή παραγωγής είναι οριζόντια) εδώ λοιπόν η γραμμή παραγωγής είναι κάθετη και συνήθως με διεύθυνση προς τα επάνω.



Σχήμα 40 : Πλάγια όψη γραμμής παραγωγής πλαστικού φιλμ συσκευασίας .

Ένα σύστημα παραγωγής πλαστικού φιλμ με τη μέθοδο της εκβολής περιλαμβάνει , όσον αφορά τις συσκευές που το αποτελούν , τα εξής τμήματα

- α) Τα δοχεία εισαγωγής πρώτης ύλης
- β) Τον ειδικό κοχλία που "σπρώχνει" θα λέγαμε το υλικό αφού αυτό λειώσει εντός αυτού στη κεφαλή του εκβολέα
- γ) Τη κεφαλή του εκβολέα
- δ) Το σύστημα κυλίνδρων που εξυπηρετεί στο τράβηγμα του πλαστικού που παράγεται , στη τάνυσή του αλλά και στη ψύξη του.

Περιγράφοντας τη διαδικασία παραγωγής του πλαστικού φιλμ βλέπουμε ότι το πλαστικό τοποθετείται σε ειδικά δοχεία που βρίσκονται στην αρχή του κοχλίου, που θα ωθήσει το πλαστικό (πολυαιθυλένιο), και πρέπει η ποσότητα του πλαστικού (Α ύλης) που θα τοποθετηθεί να μη ξεπεράσει αλλά και να μη είναι λιγότερη από αυτή που προβλέπει η παραγγελία.

Έτσι λοιπόν το πλαστικό σε μορφή κόκκων εισέρχεται εντός του κοχλίου του εκβολέα όπου τίγεται.

Το σχεδόν ρευστό πλαστικό εισέρχεται στη κεφαλή του εκβολέα όπου κινούμενο ανοδικά, λόγω της ώθησης που ασκεί το πλαστικό που ακολουθεί από το κοχλίο αλλά και εξ' αιτίας του τραβήγματος από τους ειδικούς τραβηκτικούς κυλίνδρους, βγαίνει από την κεφαλή του εκβολέα (extruder) μέσω πολύ μικρής κυκλικής οπής που βρίσκεται στο πάνω μέρος της κεφαλής.

Το πλαστικό εν συνεχεία με τη βοήθεια αέρα που του εμφυσούμε δημιουργεί ένα μπαλόني το οποίο εξυπηρετεί στο να δοθεί στο προϊόν το πλάτος που επιθυμεί ο πελάτης.

Με τη βοήθεια τραβηκτικών κυλίνδρων των οποίων η ταχύτητα ρυθμίζεται συνήθως από τον ειδικό πίνακα ελέγχου του μηχανήματος το πλαστικό συνεχίζει τη πορεία του προς τα επάνω.

Το πλαστικό φιλμ μετά την έξοδό του από την κεφαλή του εκβολέα ψύχεται με τη βοήθεια αέρα που παρέχεται από αεραγωγούς.

Πρέπει να πούμε πως μια σταθερή ποσότητα αέρα βρίσκεται και στο εσωτερικό του σχηματιζόμενου σωλήνα έτσι ώστε να διατηρείται η μορφή σωλήνα στην οποία βλέπουμε το πλαστικό που βγαίνει από τον εκβολέα.

Το πλαστικό φιλμ συνεχίζει τη πορεία του έως ότου φτάνει στο σημείο, που είναι και το μέγιστο, που ενώνεται χάνοντας τη μορφή σωλήνα και αποκτά πλέον τη μορφή φύλλου.

Από το σημείο εκείνο και έπειτα βρίσκονται κύλινδροι που σκοπό έχουν να τανύσουν ή να ψύξουν επιπλέον το πλαστικό.

Συναντάμε επίσης συσκευές που μετρούν το πάχος του παραγόμενου φιλμ, συσκευές που θα επεξεργαστούν την επιφάνεια του παραγόμενου φιλμ με σκοπό να γίνει επιτυχώς η εκτύπωση των διαφόρων λογοτύπων πάνω στην επιφάνεια του πλαστικού και τέλος ψαλίδια που μας δίνουν τη δυνατότητα να παράγουμε το πλαστικό φιλμ στις ακριβείς διαστάσεις που επιθυμεί ο πελάτης.

3.2. Περιγραφή του κοχλίου του extruder

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι σε ένα extruder είναι ο κοχλίας ο οποίος έχει τρεις συγκεκριμένες λειτουργίες.

Η πρώτη λειτουργία είναι να τροφοδοτεί τη κεφαλή του extruder με υλικό το οποίο θα έχει τη σωστή θερμοκρασία την οποία όμως θα πρέπει να έχει αποκτήσει σταδιακά. Η δεύτερη λειτουργία είναι να αποσυμπιέζει και να αποβάλλει αέρια που προέρχονται από τη τήξη του υλικού στο κοχλίο.

Η τρίτη λειτουργία είναι να ομογενοποιεί το τηγμένο υλικό και να το οδηγεί στη κεφαλή του extruder με ένα σταθερό ρυθμό.

Οι κοχλίες των extruders κατασκευάζονται από πολύ σκληρό χάλυβα ο οποίος παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε θερμοκρασίες από 100 έως 300°C.

Δεν είναι υποχρεωτικό να έχουν κάποια επικάλυψη διότι το πολυαιθυλένιο δεν επηρεάζει το μέταλλο αλλά μια τέτοια επικάλυψη διευκολύνει σε περίπτωση που είναι επιθυμητός ο καθαρισμός του κοχλίου .

Όπως και με άλλα θερμοπλαστικά οι υγρασίες πρέπει να αποφεύγονται γιατί μπορεί να προκαλέσουν οξειδώσεις με αποτέλεσμα μαύρα στίγματα στο τελικό προϊόν .

Ο κοχλίας τερματίζει κωνικά στη κεφαλή του extruder ο οποίος στο σημείο εκείνο ταιριάζει απόλυτα.

Οι κοχλίες που χρησιμοποιούνται για την εκβολή πολυαιθυλενίου έχουν τουλάχιστον τρεις διαφορετικές ζώνες :

α) Η πρώτη είναι η περιοχή που τροφοδοτεί με πρώτη ύλη .

Πρόκειται για ένα ελαφρώς κωνικό κομμάτι με μικρή διάμετρο 5-6D , αναφερόμαστε σε κοχλίας 28D , σε αυτό το τμήμα μεταφέρεται το υλικό και σε αυτό το σημείο αρχίζει η τήξη του .

β) Στη δεύτερη ζώνη βλέπουμε μια αύξηση της διαμέτρου σε 12 έως 14D με σκοπό τη συμπίεση των αερίων που προκύπτουν από τη τήξη του υλικού .

Με την αύξηση της πίεσης εντός του κοχλίου επιτυγχάνεται πιο εύκολα η απομάκρυνση των αερίων αυτών .

γ) Τέλος στη τρίτη ζώνη γίνεται η ομογενοποίηση του ή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και μεταφέρεται στη κεφαλή με ένα σταθερό ρυθμό .

Στο σημείο αυτό η διάμετρος παραμένει σταθερή από 8 έως 10D και ονομάζεται αλλιώς και σαν αντλητική ζώνη .

Όπως βλέπουμε και στα σχήματα που ακολουθούν στη συνέχεια μερικές φορές συναντούμε ένα τμήμα που σκοπό έχει τη δημιουργία πτώσης πίεσης ανάμεσα στη συμπίεση και στη τρίτη ζώνη αυτή της ομογενοποίησης .

Ο σκοπός του τέταρτου αυτού τμήματος είναι η βελτίωση της ομογενοποίησης του υλικού .

3.3. Ο εκβολέας . (κεφαλή , κινητήρας , έλεγχος θερμοκρασίας , ικανότητα παραγωγής)

Ο εκβολέας είναι όπως εύκολα μπορεί να αντιληφθεί κάποιος η ψυχή της εγκατάστασης.

Η επιλογή του είναι άμεσα εξαρτημένη από τις παραγγελίες που έχει η μονάδα , δηλαδή από τις ποσότητες πλαστικού συσκευασίας που ζητούνται αλλά και από τις διαστάσεις που απαιτούνται από το πελάτη .

Το σώμα του εκβολέα είναι κατασκευασμένο από υλικά όπως Xalloy ή Reiloy (Νικέλιο , Χρώμιο και βορονίτη χάλυβα) .

Η εσωτερική διάμετρος του είναι από 35mm έως 200mm , διαστάσεις που αντιστοιχούν σε παραγωγές 30 έως 200kg/h .

Η δυνατότητα παραγωγής πλαστικού είναι σίγουρα μεγαλύτερη για τους διάφορους εκβολείς (extruders) αλλά κατά τη παραγωγή του πλαστικού φιλμ επιβάλλονται κάποια όρια λόγω πιέσεων αλλά και λόγω του ρυθμού ψύξης που απαιτείτε να γίνεται στο παραγόμενο πλαστικό φιλμ συσκευασίας .

Αν το μήκος του σώματος του extruder είναι 20 με 35 φορές παραπάνω από τη διάμετρό του τότε έτσι καθορίζεται ο απαραίτητος χρόνος που χρειάζεται το υλικό να περάσει μέσα από τη κεφαλή .

Τα μεγάλα μήκη βελτιώνουν κατά πολύ την ομοιογένεια του παραγόμενου πλαστικού.

Ο κινητήρας επιλέγεται σύμφωνα με τον ωριαίο ρυθμό παραγωγής .

Η απαραίτητη ισχύς του κινητήρα για την εκβολή του πολυαιθυλενίου εξαρτάται από το ρυθμό τήξης του υλικού που χρησιμοποιούμε καθώς και τη πυκνότητά του .

Γενικά η κατανάλωση ενέργειας είναι μεταξύ 0 ,250 και 0 ,300 kW ανά ώρα ανά χιλιόγραμμο υλικού , η τιμή αυτή όμως εξαρτάται από τον ρυθμό τήξεως .

Η τιμή αυτή βέβαια. ενδέχεται να αυξηθεί για. ένα ποσοστό της τάξεως του 1,5 έως 2,0% κατά την έναρξη λειτουργίας του κινητήρα .

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας της κεφαλής είναι μια πάρα πολύ σημαντική παράμετρος κατά τη διάρκεια της εκβολής , πρέπει πάρα πολύ προσεκτικά να μετρηθεί και να ελεγχθεί , κάτι που γίνεται με τη βοήθεια πυρομέτρων που έχουν ακρίβεια της τάξης των $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Extruders (εκβολείς) με διάμετρο 20 έως 35D συνήθως έχουν 3 έως 5 θερμαντικές ζώνες και η ισχύς των θερμαντικών στοιχείων υπολογίζεται σύμφωνα με την συνολική θερμοκρασία που επιθυμούμε να έχει το παραγόμενο υλικό.

Η συνολική θερμαντική ισχύς παρ'όλα αυτά δεν πρέπει να ξεπερνά τα 3 έως 4 Watt / cm² της συνολικής επιφάνειας του σώματος του extruder .

Κάθε θερμαινόμενη ζώνη έχει ή θα πρέπει να έχει και κάποια ικανότητα ψύξης , σε περίπτωση που εμφανιστεί κάποιο πλεονάζον ποσό θερμότητας .

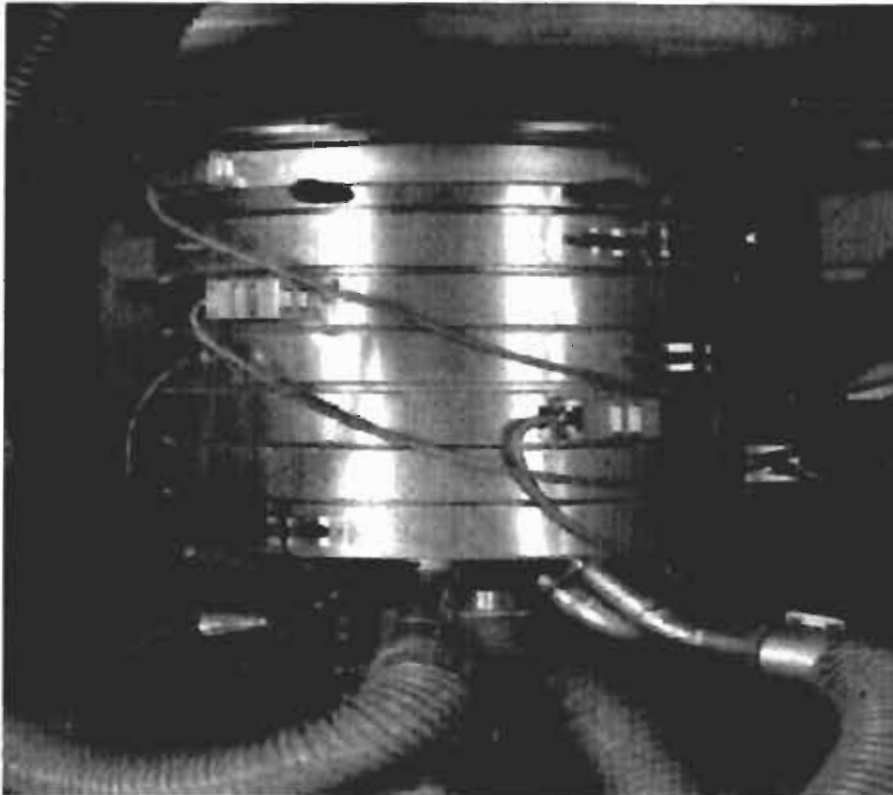
Η ψύξη αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια κάποιου ψυκτικού μέσου που είναι ή νερό ή λάδι ή ακόμα και αέρας .

Υπάρχουν ορισμένες περιοχές που δεν πρέπει η θερμοκρασία να ανέλθει σε πολύ υψηλά επίπεδα. Αυτές οι περιοχές είναι το τέλος του σώματος του extruder και η εισαγωγή της κεφαλής του εκβολέα .

Τέλος ενδιαφέρουσα είναι η ικανότητα παραγωγής των extruders.

Όπως αναφέραμε λίγο πριν η παραγωγή εξαρτάται από το μήκος και την διάμετρο του extruder καθώς και από τα χαρακτηριστικά του κοιλία για τον οποίο θα αναφερθούμε στη πορεία της εργασίας μας.

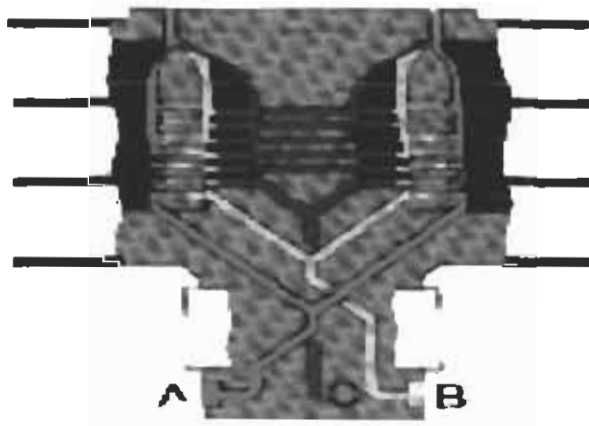
Στη συνέχεια, βλέπουμε σε φωτογραφία το κυρίως σώμα μίας κεφαλής εκβολέα .



Σχήμα 42 : Κυρίως σώμα της κεφαλής του εκβολέα . Διακρίνονται επίσης στο κάτω μέρος αεραγωγοί καθώς και περιμετρικά της κεφαλής οι αντιστάσεις .

Ο πίνακας που ακολουθεί μας δίνει τιμές ικανότητας παραγωγής για extruders με διαφορετική διάμετρο κάθε φορά .

Πρέπει εδώ να αναφέρουμε πως οι σύγχρονοι κατασκευαστές εκβολέων λόγω απαιτήσεων που έχουν τα προϊόντα που καλούνται οι βιομηχανίες να παράγουν , απαιτήσεις που έχουν να κάνουν με το χρώμα του παραγόμενου φιλμ , κατασκευάζουν κεφαλές που έχουν από έναν κοχλία τροφοδοσίας έως τρεις κοχλίες . Με τη βοήθεια υπολογιστή ο οποίος υπολογίζει την ανάμιξη σε χρωστική ουσία αλλά και σε πολυαιθυλένιο επιτυγχάνεται η διχρωμία ή η τριχρωμία σε συνδυασμό με την μορφή που έχει η κεφαλή του εκβολέα , μορφή που διακρίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 43 : Τομή μιας κεφαλής εκβολέα ο οποίος δέχεται υλικό από τρεις κοχλίες .

3.4. Η κεφαλή του extruder , αντάπτορας και φίλτρο κεφαλής .

Λόγω υψηλών πιέσεων που φτάνουν από 200 έως 300 bar και είναι πολύ συνηθισμένες για τις κεφαλές των extruders , θα πρέπει τα υλικά με τα οποία είναι κατασκευασμένη η κεφαλή να είναι πολύ υψηλής αντοχής .

Θα πρέπει να είναι όλα τα στοιχεία της κεφαλής από πολύ καλά και ανθεκτικά υλικά (βίδες , φλάντζες κ.α.) προκειμένου να μην εμφανίζονται διαρροές λόγω των υψηλών πιέσεων οι οποίες πιθανόν να δημιουργήσουν μεταβολές στον ρυθμό εκβολής .

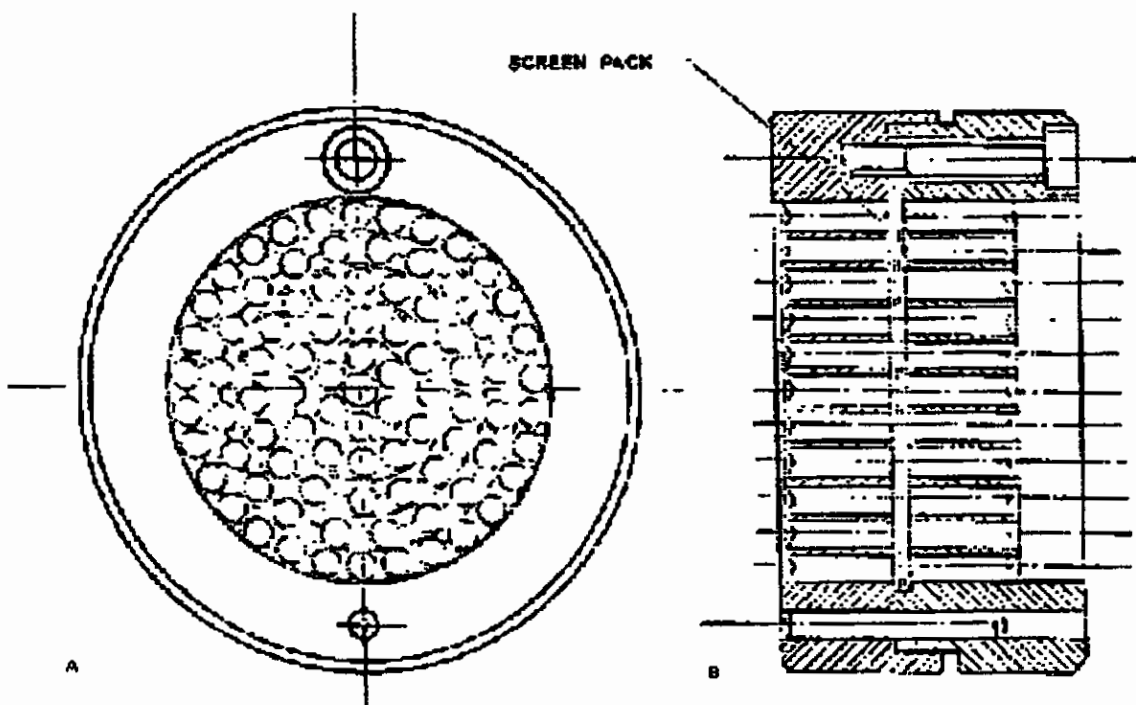
Για αυτό το λόγο θα πρέπει όλα τα εξαρτήματα τα οποία αποτελούν την κεφαλή του extruder να είναι τοποθετημένα σε ίσες αποστάσεις γύρω από τον κύριο άξονα της μηχανής.

Για να αποφεύγονται ζημιές κατά το καθαρισμό θα πρέπει τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη κατασκευή της κεφαλής να είναι από πολύ σκληρό χάλυβα όπως π.χ. 30NC 11 ή 40CMDS 07 .

Οι επιφάνειες οι οποίες έρχονται σε επαφή με το πολυαιθυλένιο πρέπει να έχουν πολύ καλά φινιρισμένη επιφάνεια. χωρίς εξοχές ούτως ώστε το πλαστικό να κυλά ομαλά επάνω στο σκληρό χάλυβα .

Πολλοί κατασκευαστές προσφέρουν κεφαλές με επικάλυψη χρωμίου οι οποίες είναι πολύ πιο εύκολες στο καθαρίσμα , παρολαυτά όμως αυτό το είδος κεφαλών δεν είναι πολύ καλό .

Πολύ σημαντικό κομμάτι είναι και το φίλτρο της κεφαλής το οποίο τοποθετείται αμέσως μετά το τέρμα του κοχλίου τροφοδοσίας της κεφαλής με πλαστικό .



Σχήμα 44 : Διακρίνουμε σε πρόσοψη (α) αλλά και σε πλάγια όψη (β) το φίλτρο που βρίσκεται στην έξοδο του κοχλίου που δίνει υλικό στη κεφαλή του εκβολέα .

Πρόκειται για μία σίτα θα λέγαμε από ανοξειδωτο ατσάλι . Οι λόγοι χρήσεως του φίλτρου αυτού είναι τρεις :

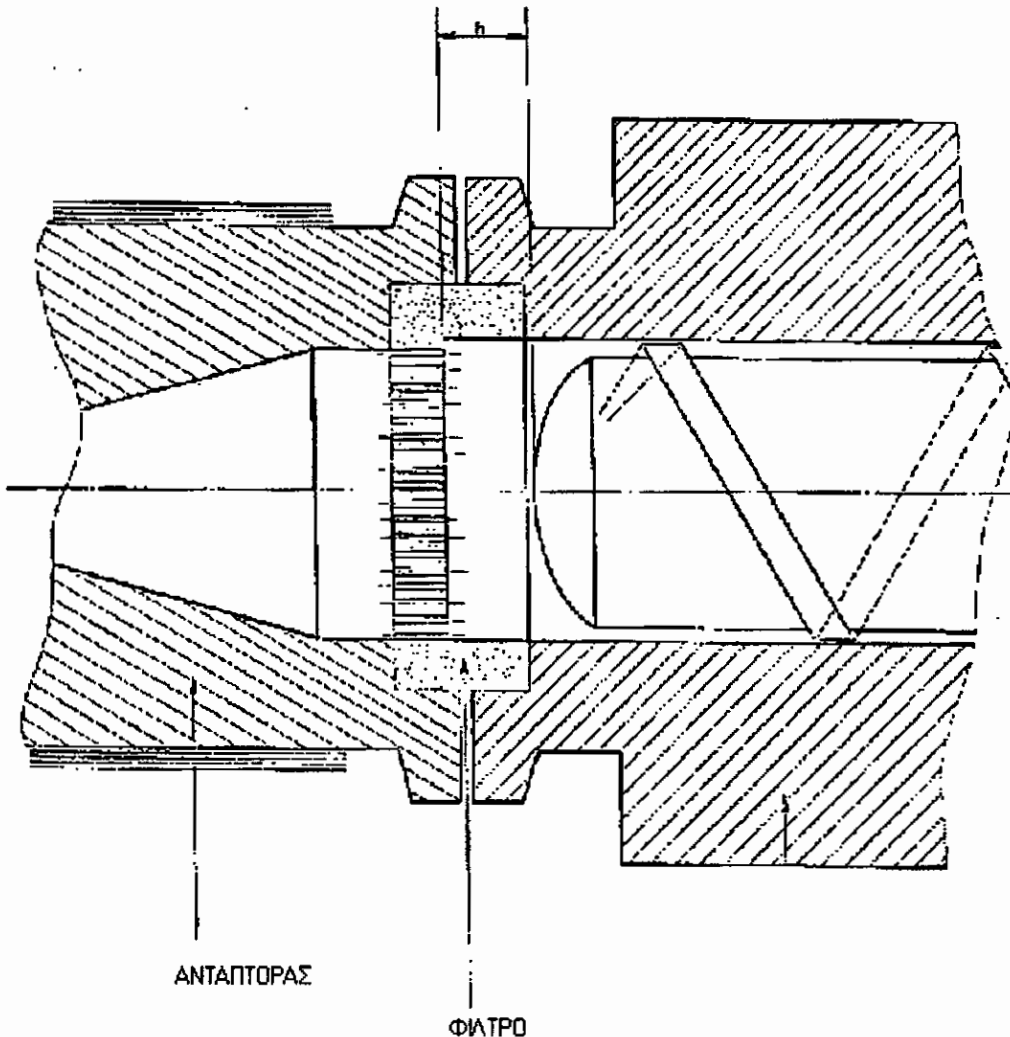
α) να μετατρέψει την ελικοειδή κίνηση που έχει το υλικό , που προέρχεται από την ελικοειδή κίνηση του κοχλία , σε ευθύγραμμη κάτι που βοηθά στην καλύτερη εξόλκευση του πλαστικού φιλμ από την κεφαλή .

β) να αυξήσει ελαφρά την πίεση στο τέλος του κοχλία

γ) να φιλτράρει το υλικό κατακρατώντας ξένες από το υλικό συσίες .

Το μέγεθος ποικίλει αναλόγως του κοχλία και γενικότερα αναλόγως του μεγέθους της μηχανής που έχουμε .

Τέλος ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ύπαρξη ανάμεσα από την κεφαλή του extruder και του φίλτρου κεφαλής η ύπαρξη ενός αντάπτορα ο οποίος βιδώνεται στη κεφαλή του extruder αφού τοποθετηθεί και μία ειδική φλάντζα σκοπός του οποίου είναι να τοποθετηθεί εσωτερικά ένας μηχανισμός ο οποίος μας εξυπηρετεί ως προς την ελαχιστοποίηση των διαφοροποιήσεων στις θερμοκρασίες στο τηγμένο πλέον υλικό . Η θερμοκρασία του τήγματος πρέπει να είναι εξάλλου η ίδια σε όλο το μείγμα γιατί μόνο έτσι θα έχουμε καλή οπτική εμφάνιση του πλαστικού φιλμ .

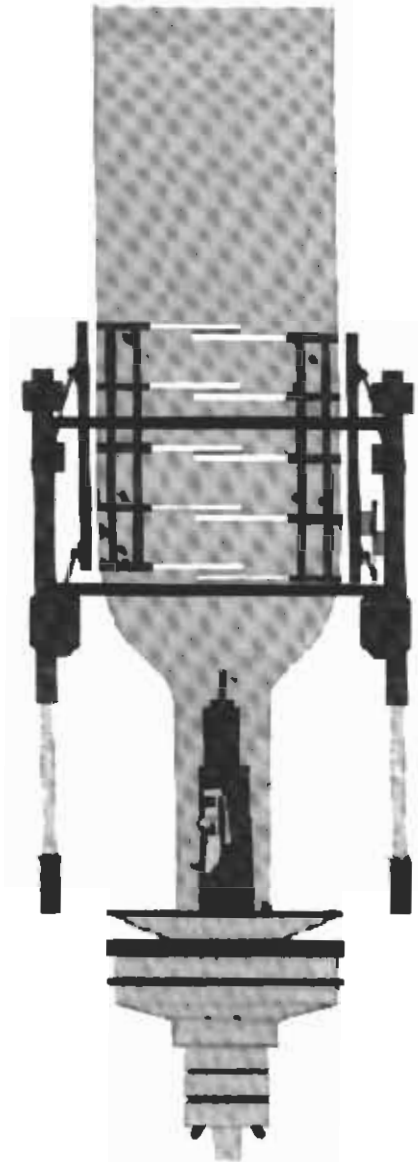


Σχήμα 45 : Διακρίνουμε σχηματικά τη θέση όπου βρίσκεται το φίλτρο και ο αντάπτορας που αναφέρουμε .

Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει αυτός ο αντάπτορας για ακόμη ένα λόγο .
Εντός του αντάπτορα μπορεί να τοποθετηθεί και ένας μετρητής πίεσης του μείγματος ο οποίος είναι πολύ χρήσιμος κατά το ξεκίνημα του μηχανήματος όπου με χρήση του μετρητή μπορεί να αποφευχθούν σημαντικές και απότομες αυξήσεις στη πίεση του μείγματος , αυξήσεις που είναι συνήθεις και που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν σημαντικές βλάβες στο extruder .

3.5. Ψύξη του παραχθέντος πλαστικού φιλμ .

Έχουμε φτάσει στο σημείο όπου το πλαστικό είναι σε σχεδόν ρευστή μορφή και τραβιέται μέσα από τη κεφαλή .
Με τη βοήθεια τη δική μας δημιουργείται αρχικά ένας κώνος με το πλαστικό που η άκρη του τραβιέται προς τα επάνω από τους τραβηχτικούς κυλίνδρους , παράλληλα εντός του κώνου φυσιέται αέρας με τη συσκευή που φαίνεται στο σχήμα και έτσι το πλαστικό " φουσκώνοντας " αποκτά την σωληνοειδή μορφή που προαναφέραμε .
Αφού αποκτήσει το μέγεθος που θέλουμε παύουμε να του δίνουμε αέρα και έτσι πλέον αρχίζουμε να μαζεύουμε σε ρολό μέσα από το σύστημα των κυλίνδρων και των διαφόρων εξαρτημάτων που ακολουθούν το πλαστικό φιλμ συσκευασίας .
Σε αυτό το σημείο έχει πλέον τη μορφή που βλέπουμε στο σχήμα που ακολουθεί .



Σχήμα 46 : Διακρίνουμε τη συσκευή που μας δίνει τη δυνατότητα να εμφυσούμε , εσωτερικά στο "μπαλόνι" που σχηματίζει το πλαστικό φιλμ κατά τη παράγωγή του , αέρα .

Το πλαστικό που βγαίνει από τη κεφαλή του extruder πρέπει όμως να ψυχθεί γιατί οποιαδήποτε επαφή του , με κύλινδρο τραβηχτικό ή τάνυσης καθώς και με τις άλλες συσκευές ή εξαρτήματα που ακολουθούν μέχρι την συλλογή του σε ρολό , μπορεί να το τρυπήσει αν αυτό είναι σε μαλακή ή ρευστή κατάσταση (κάτι που είναι ανεπιθύμητο) ή να του καταστρέψει τις ιδιότητες που θέλουμε να έχει .

Για αυτό το λόγο ψύχουμε το πλαστικό φιλμ σε δύο φάσεις

α) Η πρώτη είναι φυσώντας ποσότητα αέρα γύρω από το σωλήνα που δημιουργεί το πλαστικό μετά την έξοδό του από τη κεφαλή του extruder . Κάτι που επιτυγχάνεται με συσκευή που είναι τοποθετημένη ακριβώς πάνω στη κεφαλή του εκβολέα και που φέρει αεραγωγούς που εμφυσούν αέρα στο φιλμ .

Ο αέρας αυτός σε ορισμένα μηχανήματα είναι ο ατμοσφαιρικός, αυτό σε μηχανές που έχουν μικρή παραγωγή πλαστικού φιλμ, ενώ σε άλλες μηχανές ο αέρας περνά από κλιματιστικές μονάδες οι οποίες τον ψύχουν. Αυτό σε περιπτώσεις που έχουμε μηχανές που παράγουν μεγάλες ποσότητες πλαστικού.

β) Η δεύτερη είναι με νερό που έχει προηγουμένως ψυχθεί και που ρέει μέσα από κυλίνδρους οι οποίοι σκοπό έχουν εκτός από την τάνυση του πλαστικού φιλμ να ψύξουν το πλαστικό πριν αυτό φτάσει σε εξαρτήματα του συστήματος όπως π.χ. τα ψαλίδια.

Υπάρχουν πάντως και ορισμένες ιδιομορφίες στην ψύξη του παραγόμενου πλαστικού φιλμ. Ιδιομορφίες όπως ότι η ποσότητα αέρα που πρέπει να πέφτει πάνω στο πλαστικό να είναι η ίδια και να κατανέμεται ομοιόμορφα συνέχεια προκειμένου το παραγόμενο πλαστικό να έχει το σωστό πάχος παντού και καλή οπτική και μηχανική μορφή.

Τρία είναι λοιπόν τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να υπάρχουν στην ψύξη του πλαστικού

1) ομοιόμορφη εξαγωγή του αέρα.

2) διαρκής και σταθερή θερμοκρασία αέρα.

3) η έξοδος του αέρα που προορίζεται για ψύξη του φιλμ από τη κεφαλή θα πρέπει να είναι πολύ κοντά στην πηγή εξόδου του πλαστικού φιλμ.

Για να αποφευχθεί η ενδεχόμενη άνιση κατανομή του αέρα γύρω από το σωλήνα που δημιουργεί το πλαστικό φιλμ τροφοδοτείται αέρας από 6 έως 8 βεντιλατέρ τα οποία βρίσκονται γύρω από τη κεφαλή του extruder και είναι όλα ρυθμισμένα ούτως ώστε να δίνουν την ίδια ποσότητα αέρα ψύξεως.

Πολύ σημαντική είναι και η θερμοκρασία του αέρα που ψύχει το πλαστικό φιλμ.

Για αυτό το λόγο πρέπει να παρακολουθείται διαρκώς:

α) η θερμοκρασία του αέρα που παρέχει το κάθε ένα από τα βεντιλατέρ που χρησιμοποιούνται.

β) η γωνία πρόσκρουσης του αέρα ψύξης στο πλαστικό φιλμ.

Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι αναλόγως της γωνίας με την οποία προσκρούει ο αέρας στο πλαστικό φιλμ ψύχεται καλύτερα ή όχι.

Καλή ψύξη επιτυγχάνεται με γωνίες περίπου 35 μοιρών.

$$30 < \alpha < 40$$

Αν η γωνία είναι πολύ μεγάλη δημιουργούνται ανεπιθύμητες ταλαντώσεις στο φιλμ ενώ αν η γωνία είναι πολύ μικρή δεν γίνεται καλή ψύξη του φιλμ.

γ) η απόσταση στην οποία εμφυσάτε ο αέρας

Αυτή δεν μπορεί να είναι ούτε πολύ μικρή διότι δημιουργούνται ανεπιθύμητες ταλαντώσεις αλλά ούτε πολύ μεγάλη και αυτό γιατί το φιλμ δε θα ψύχεται σωστά.

Έτσι λοιπόν και εδώ η απόσταση που ενδείκνυται είναι τα 30 έως 35 mm.

Ο πίνακας 17 που ακολουθεί αφορά την περίπτωση ενός αγωγού παροχής αέρα έως 250cm².

Μας δίδει τις τιμές των διαμέτρων παρέκκλισης προκειμένου να υπάρχει ο σωστός ρυθμός ροής του αέρα.

Διάμετρος κεφαλής mm	Διάμετρος παρέκλισης mm	Ύψος παρέκλισης mm
70	120 - 140	35
100	160 - 200	40
150	200 - 250	45
200	250 - 310	80
250	300 - 350	90

(Πίνακας 17 : τιμές διαμέτρων παρέκκλισης)

δ) ο ρυθμός ροής του αέρα .

Ο ρυθμός ροής του αέρα ποικίλλει και εξαρτάται από τη πυκνότητα του φιλμ που παράγεται .

ε) η θερμοκρασία του αέρα .

Ακούγεται σίγουρα καλύτερο να χρησιμοποιείς ψυγμένο αέρα με σκοπό να αυξήσεις την ψυκτική του ικανότητα .

Παρολ'αυτά όμως θα είναι ανώφελο να ψύχουμε τον αέρα αν δεν έχουμε πραγματοποιήσει θερμομόνωση στη κεφαλή του extruder στο σημείο που βγαίνει ο αέρας που προορίζεται για ψύξη διότι αλλιώς η ψύξη θα χάνεται από τη θερμοκρασία που υπάρχει στο σημείο εκείνο . Όπως φαίνεται και στο πίνακα που ακολουθεί έχουν καταγραφεί οι διαφορές θερμοκρασίας σε μια κεφαλή με θερμοκρασία 200 °C όπου ένας αγωγός παροχής αέρα έχει τοποθετηθεί επίτηδες σε θερμική επαφή με τη κεφαλή (περίπου στα 80cm²) .

Η παροχή αέρα ήταν περίπου 400m³/h .

Όπως είναι εύκολα ορατό βλέπουμε ότι δεν είναι συμφέρον να ψύχουμε τον αέρα πολύ κάτω από τους 10 °C ιδιαίτερα όταν ο αγωγός είναι σε επαφή με τη κεφαλή . Είναι γεγονός πως τελικά όχι μόνο ο ψυγμένος αέρας δε βοηθά στη ψύξη του αέρα αλλά μπορεί να δημιουργήσει και ανωμαλίες στη θερμοκρασία του πλαστικού που εξολκεύεται από τη κεφαλή εφόσον αυτό θα απορροφά όλη την ψύξη του αέρα που προορίζεται για ψύξη μετά την εξόλκευση .

3.6. Ύψος εξόλκευσης και συσκευές κατά αυτό .

Είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος η οποία μπορεί να συνδυαστεί με όσα προαναφέραμε για την ψύξη του παραγόμενου φιλμ .

Το ύψος εξόλκευσης είναι η απόσταση μεταξύ της εξόδου της κεφαλής και των κυλίνδρων εξόλκευσης (τραβηχτικών) .

Είναι όπως προαναφέραμε μια πολύ σημαντική παράμετρος στο σχεδιασμό μιας γραμμής εκβολής εφόσον η ψύξη επί το πλείστον πραγματοποιείται σε αυτό το μήκος. Η εν συνεχεία ένωση των πλευρών του παραχθέντος φιλμ γίνεται με επιτυχία και υπό σωστές συνθήκες εάν έχει θερμοκρασία λίγο πάνω από 40-45 °C .

Χαρακτηριστικό είναι ότι σε μία ωριαία παραγωγή 60 kg οποιουδήποτε μεγέθους πλαστικού φιλμ η θερμοκρασία του προϊόντος πέφτει κατά 100 °C σε ένα μέτρο αποχώρησης από την κεφαλή , κατά το δεύτερο μέτρο χάνει ακόμα 25 °C , ενώ στο τρίτο μέτρο χάνει ακόμη 10 °C .

Μετρήσεις που ελήφθησαν υπό τις ίδιες συνθήκες αλλά με φιλμ πάχους 120 έως 200μ έδειξαν ότι με αύξηση του ύψους κατά 25% η ψύξη πραγματοποιείται πιο ομαλά και επιτυγχάνεται η ίδια θερμοκρασία στους κυλίνδρους εξόλκευσης .

Τα απαιτούμενα ύψη εξόλκευσης για διαφορετικών διαστάσεων φιλμ δίδονται στο παρακάτω πίνακα 18

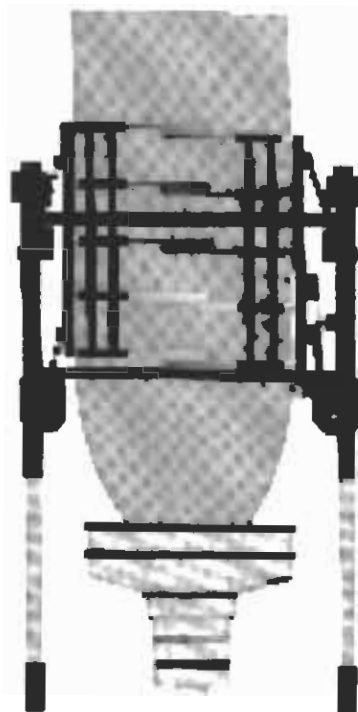
Διαστάσεις παραγόμενου φιλμ		Ρυθμός παραγωγής kg / h	Ρυθμός εξόλκευσης m / min	Ωφέλιμο ύψος εξόλκευσης m	
Πάχος (μ)	Πλάτος (mm)				
30	800	70	28	5	
		100	41	5,5	
	400	20	16	4,5	
		50	38	5	
		70	56	6	
50	1200	70	10,5	4,5	
		100	14	4,5	
		150	21	5	
		200	27	6	
	800	70	16	5	
		100	24	5,5	
		150	31	6	
		200	40	6,5	
		70	24	5,5	
	600	100	31,5	6	
		150	46,5	7,5	
		70	32	6	
		100	48	6,5	
	100	1200	70	5,5	4,5
			100	7	4,5
150			11	5,5	
200			13	5,5	
800		70	8	5	
		100	10,5	5	
		150	15,5	6	
		200	20	6,5	
		550	70	9	5,5
			100	11	6
150	15		7		
200	20		8		
200	3000	300	4,5	8	
		400	6	10	
		500	8	10	

(Πίνακας 18 : Ύψη εξόλκευσης για διαφορετικού μεγέθους φιλμ)

Όταν εργαζόμαστε σε μεγάλα ύψη εξόλκευσης τότε πρέπει να οδηγείται η σχηματιζόμενη από το πλαστικό φιλμ σωλήνα από ειδικούς οδηγούς που θα

T.E.I. ΠΑΤΡΑΣ
 ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

αποτρέπουν τη διατάραξη του φιλμ από τον αέρα του περιβάλλοντος αλλά και από τον αέρα που προσκρούει πάνω στο φιλμ ο οποίος προορίζεται για τη ψύξη του . Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται οι οδηγοί στους οποίους αναφερόμαστε και οι οποίοι πρέπει να αναφέρουμε πως δύναται να μετακινούνται κατακόρυφα σύμφωνα με το που παρουσιάζονται οι αναταράξεις .



Σχήμα 47 : Στο παραπάνω σχήμα διακρίνουμε τους οδηγούς που προφυλάσσουν το "μαλόνι" που σχηματίζει το φιλμ από πιθανές αναταράξεις .

Οι οδηγοί αυτοί χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες και είναι

α) ξύλινοι οδηγοί οι οποίοι φέρουν μεταξένια επικάλυψη .

β) ατσάλινες ημικυκλικές μικρού μεγέθους μπάρες - ράβδοι που φέρουν τροχούς που κινούνται ελεύθερα .

Πριν συναντήσουμε τους κυλίνδρους εξόλκευσης υπάρχουν και κάποιοι άλλου είδους οδηγοί οι οποίοι σκοπό έχουν να οδηγήσουν το φιλμ στους κυλίνδρους εξόλκευσης με την μορφή που φαίνεται στο σχήμα .

Οι οδηγοί αυτοί έχουν τριγωνική μορφή και στο επάνω μέρος , αυτό δηλαδή που βρίσκεται κοντά στους κυλίνδρους εξόλκευσης , σχεδόν ακουμπούν ο ένας τον άλλο αφήνοντας κενό από 1 έως 2 cm .

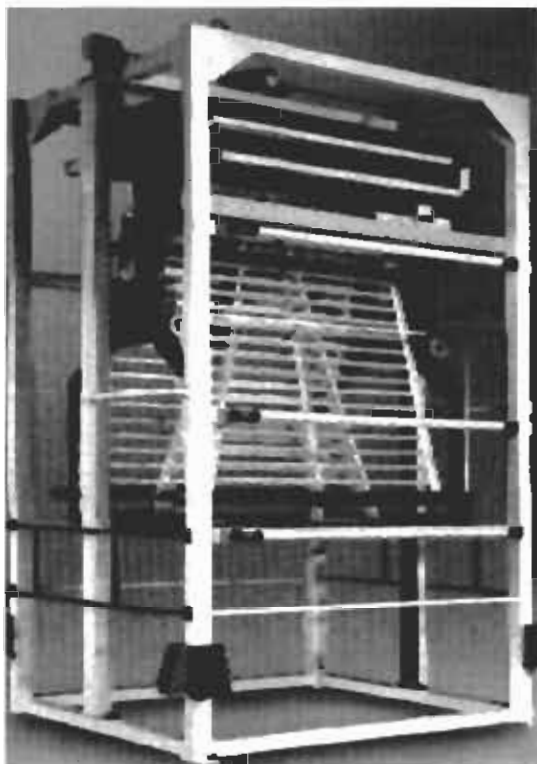
Εξαιτίας των διαφόρων μεγεθών του πλαστικού φιλμ που μπορεί μία μονάδα να κατασκευάσει ο χώρος μεταξύ των οδηγών αυτών θα πρέπει να μεταβάλλεται με απλές κινήσεις .

Το μήκος των οδηγών αυτών που έρχεται σε επαφή με το φιλμ που παράγεται έχει 2 με 3 φορές τη διάμετρο του φιλμ ούτως ώστε η γωνία μεταξύ τους να είναι 20 με 30 μοίρες . Στη πράξη για διαμέτρους κάτω του 1 μέτρου το μήκος μπορεί να είναι από 1,2 μέτρα με 1,5 μέτρα .

Κατασκευάζονται από διάφορα υλικά όπως π.χ. ξύλο .

3.7. Κύλινδροι εξόλκευσης .

Έχει ήδη γίνει κατανοητός ο ρόλος των κυλίνδρων εξόλκευσης , με λίγα λόγια τραβούν προς τα πάνω το πλαστικό από τη κεφαλή του εκβολέα αλλά προτού φτάσει το πλαστικό στο ύψος που βρίσκονται περνά ανάμεσα από ένα σύστημα οδηγών κυλίνδρων που φαίνονται και στο σχήμα και εν συνεχεία ενώνονται μεταξύ τους οι δύο πλευρές του φιλμ που μέχρι πριν λίγο είχε τη μορφή μπαλονιού .



Σχήμα 48 : Διακρίνουμε την πραγματική μορφή που έχουν οι οδηγοί που βρίσκονται πριν από τους κυλίνδρους εξόλκευσης .

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται καθαρά η όλη αυτή φάση της παραγωγής .

Οι κύλινδροι εξόλκευσης παίρνουν κίνηση συνήθως από κάποιον ξεχωριστό κινητήρα .

Ο ένας από τους δύο κυλίνδρους έχει συνήθως μια επικάλυψη στη κυλινδρική επιφάνειά του από λάστιχο ενώ ο άλλος όχι .

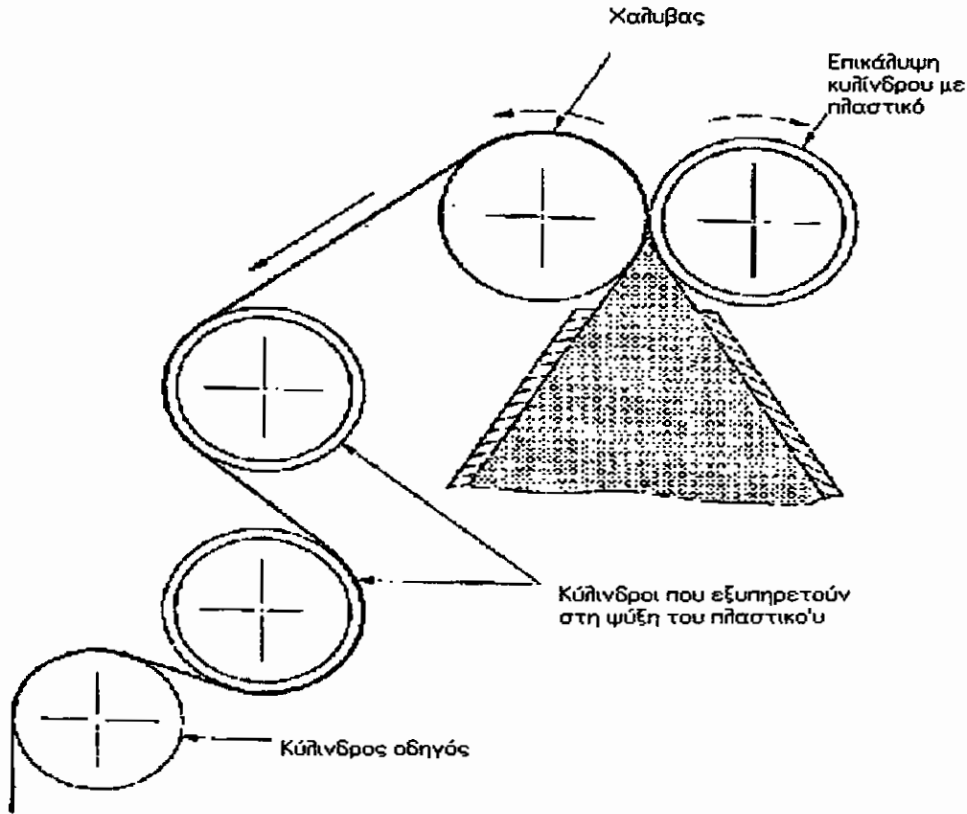
Ο λόγος είναι ότι το λάστιχο βοηθά στο να επιτυγχάνεται καλύτερη ένωση των δύο φάσεων του φιλμ καθώς και στη μη εξασθένηση του φιλμ λόγω ανάπτυξης υπερβολικών τάσεων κατά τη φάση της ένωσης .

Κίνηση από τον κινητήρα που αναφέραμε παίρνει μόνο ο ένας κύλινδρος ο οποίος κινεί τον άλλο .

Θα πρέπει μάλιστα η ταχύτητα περιστροφής να είναι διαρκώς σταθερή .

Όπως προαναφέραμε στη παράγραφο περί ψύξης του πλαστικού φιλμ και σε αυτή τη φάση μπορούν να τοποθετηθούν κύλινδροι χωρίς κάποια επικάλυψη οι οποίοι αποσκοπούν στη ψύξη του φιλμ .

Κάτι που επιτυγχάνεται με τη ροή ψυκτικού μέσου μέσα από αυτούς.



Σχήμα 49 : Στο σχήμα διακρίνονται οι κύλινδροι εξόλκευσης ο ένας εκ των οποίων φέρει την επικάλυψη με πλαστικό , επίσης διακρίνονται και συσκευές μετά από αυτούς όπως δύο κύλινδροι που εξυπηρετούν στη ψύξη του φιλμ εφόσον εσωτερικά τους διέρχεται παγωμένο νερό . Τέλος βλέπουμε και έναν κύλινδρο που χρησιμεύει σαν οδηγός για το φιλμ.

3.8. Συσκευές μετά από τους κύλινδρους εξόλκευσης

Μετά από τους κύλινδρους εξόλκευσης υπάρχουν διάφοροι ακόμα κύλινδροι οι οποίοι έχουν ως σκοπό να τανύσουν , να ψύξουν περαιτέρω αν χρειάζεται και να οδηγήσουν το φιλμ στο σημείο που πρέπει προκειμένου να πραγματοποιηθεί η τύλιξη του.

Ορισμένοι από τους κύλινδρους έχουν κάποια λαστιχένια επικάλυψη ενώ κάποιοι άλλοι όχι .

Αυτοί που δίνετε να ασκήσουν κάποια. ιδιαίτερη τάση στο φιλμ φέρουν επικάλυψη .

Μια πολύ σημαντική συσκευή μετά από τους κύλινδρους εξόλκευσης είναι αυτοί η οποία χρησιμεύει στην περαιτέρω επεξεργασία του πλαστικού συσκευασίας , μια συσκευή ηλεκτροδιάβρωσης θα λέγαμε του πλαστικού .

Με βομβαρδισμό ηλεκτρονίων τρίβεται θα λέγαμε το πλαστικό με σκοπό να υπάρχει δυνατότητα εκτύπωσης πάνω στην επιφάνεια. του πλαστικού η οποία αλλιώς θα ήταν υπερβολικά λεία και ουσιαστικά θα καθίστατο αδύνατη η οποιαδήποτε εκτύπωση . Πρέπει να αναφέρουμε πως η επεξεργασία που προκαλεί η συσκευή αυτή στο πλαστικό φιλμ είναι οπτικά ανύπαρκτη .

Η δεύτερη συσκευή που συναντάμε μετά από τους κύλινδρους εξόλκευσης είναι τα μαχαίρια.

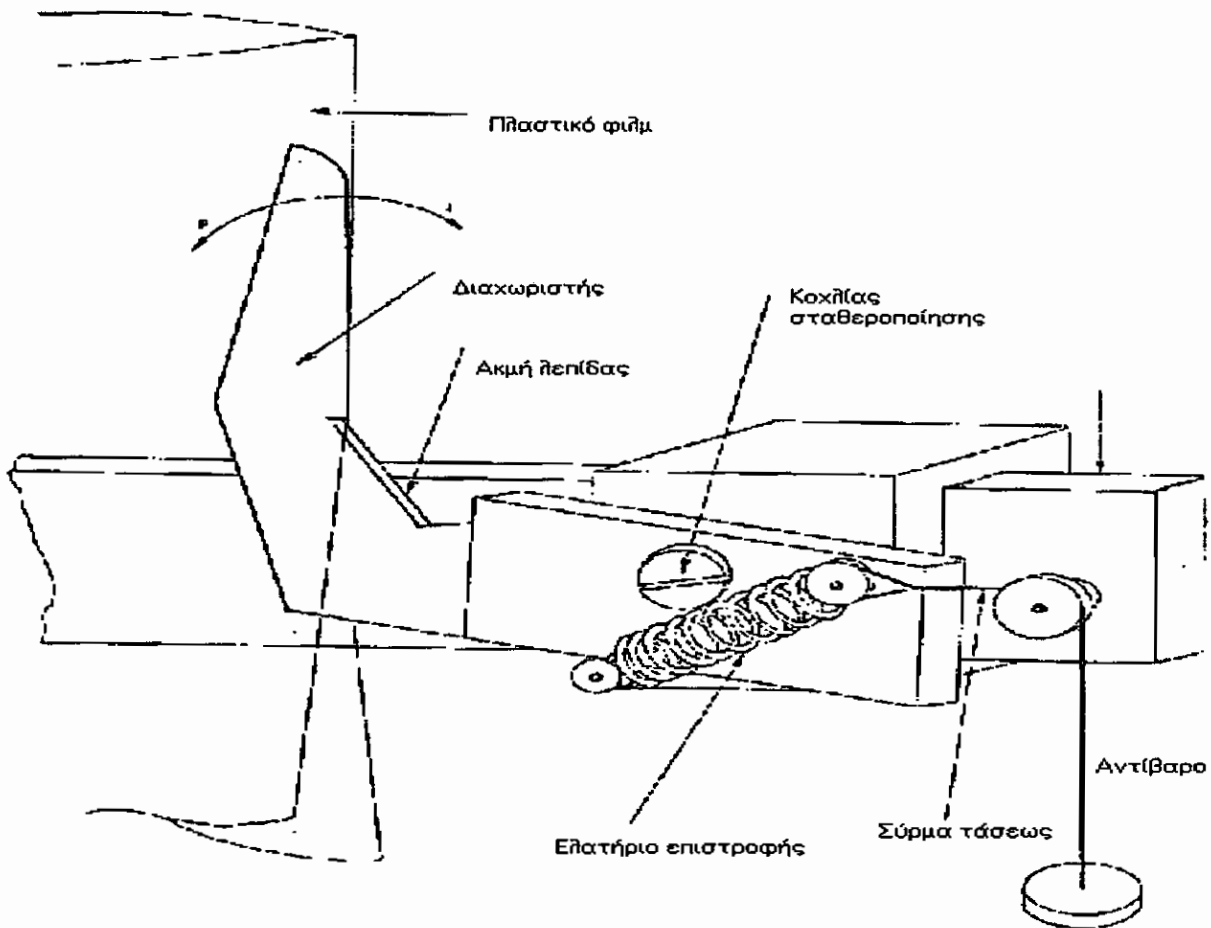
Πολύ συχνά το φιλμ πρέπει να κοπεί για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της κάθε παραγγελίας .

Απαιτήσεις που έχουν να κάνουν με μεγάλη ακρίβεια. στο πλάτος του ρολού που θα αποσταλεί στον πελάτη ή στην περαιτέρω επεξεργασία που θα πραγματοποιηθεί στη βιομηχανική μονάδα .

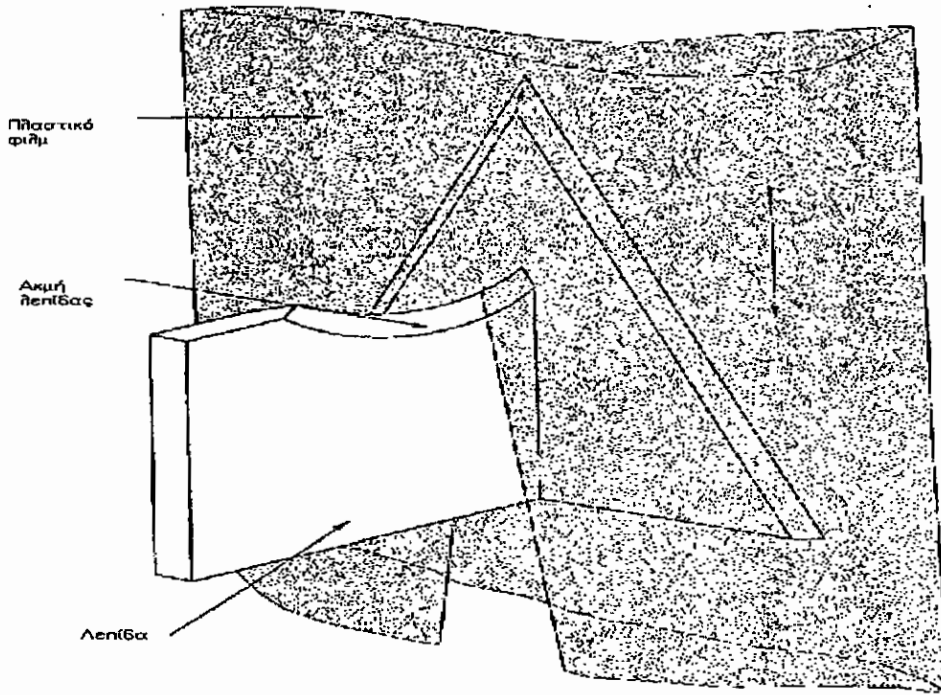
Με λίγα λόγια, πολλές φορές απαιτείται κάποιο μικρό ξάκρισμα στο πλαστικό που παράγεται που είναι της τάξεως των 2-3 ή το πολύ 4 πόντων .

Βέβαια. όπως βλέπουμε και στα σχήματα που δείχνουν την μορφή των τυλικτικών κυλίνδρων παρατηρούμαι ότι το παραγόμενο πλαστικό πολλές φορές θέλουμε να έχει τη μορφή απλού φίλου (μονού) και όχι την μορφή σακούλας (διπλού) .

Έτσι στα δύο άκρα του φιλμ τοποθετούμε τα μαχαίρια. τα οποία μας το δίνουν στη μορφή που επιθυμούμε . Αυτό δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αν δεν υπάρξει ο μηχανισμός που φαίνεται στο σχήμα 50 που ακολουθεί .



Σχήμα 50 : Διακρίνουμε το μηχανισμό που χρησιμοποιούμε για τη συγκράτηση των μαχαιριών που θα δώσουν στο συλλεγόμενο φιλμ τη μορφή σακούλας ή μονού φιλμ συσκευασίας .



Σχίμα 51 : Διακρίνουμε ξεκάθαρα εδώ τη ροή που έχει το πλαστικό φιλμ καθώς και το μαχαίρι που κόβει το πλαστικό .

Η ροή του πλαστικού θα πρέπει να είναι συνεχής χωρίς διακυμάνσεις του πάχους του φιλμ , του μήκους ή της θερμοκρασίας του .

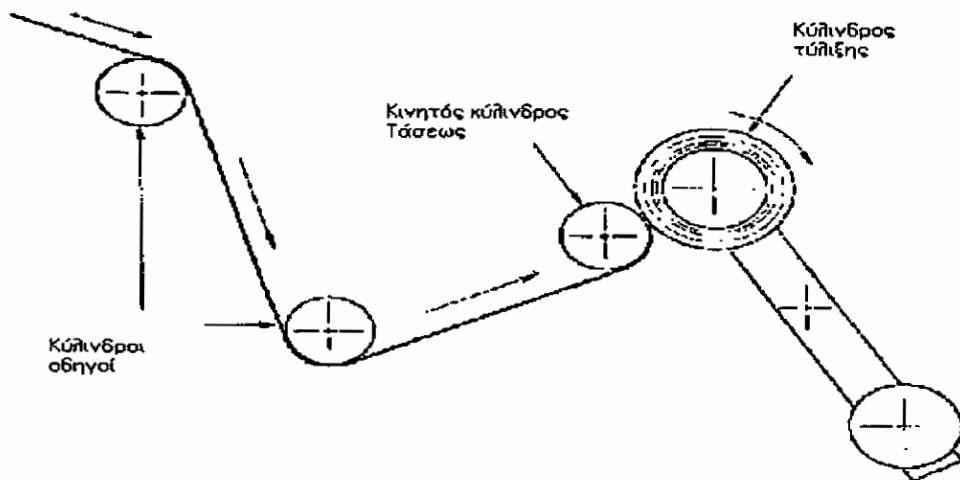
Μεταβολές αυτής της μορφής μπορεί να απομακρύνουν τα μαχαίρια από την επιθυμητή θέση με δυσάρεστα αποτελέσματα .

Τέλος ενδιαφέρον παρουσιάζει και το σύστημα τύλιξης του πλαστικού φιλμ .

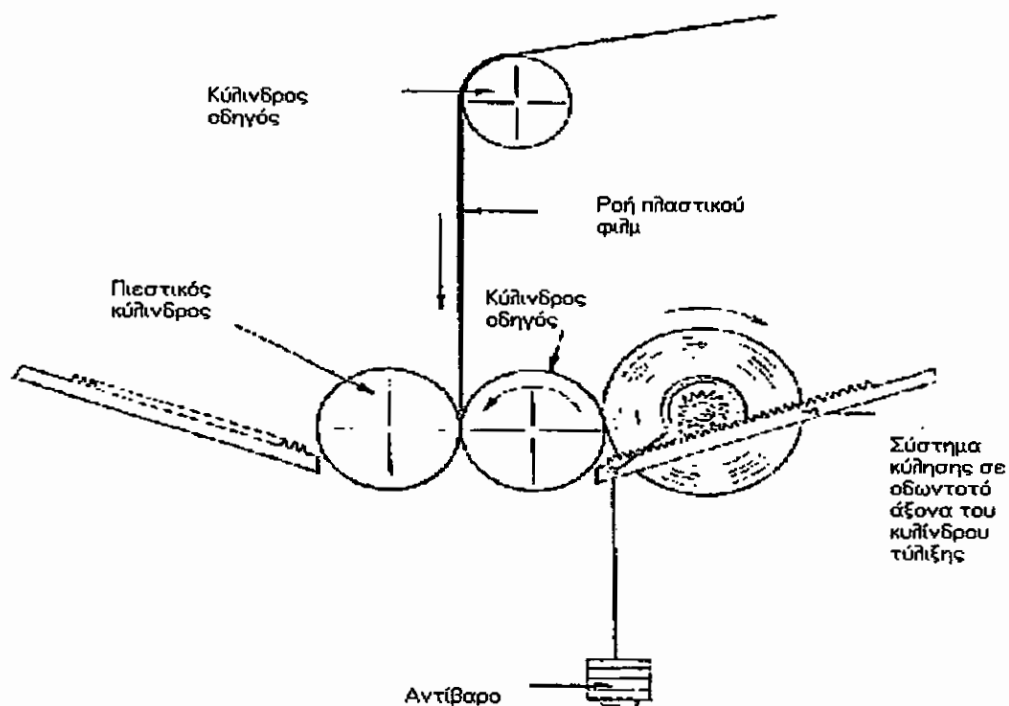
Η διαδικασία και οι μηχανισμοί έχουν αρκετό ενδιαφέρον .

Όπως βλέπουμε στο σχήμα που ακολουθεί το φιλμ έρχεται κάθετα και περνά ανάμεσα από δύο κινούμενους αντίθετα κύλινδρους από τους οποίους ο ένας είναι πιεστικός και ο άλλος οδηγεί το φιλμ στο κύλινδρο που τυλίγεται το φιλμ .

Το σχήμα που ακολουθεί βοηθά στη καλύτερη κατανόηση του τι ακριβώς συμβαίνει .



Σχήμα 52 : Ροή του πλαστικού κατά τη τύλιξη του στο κύλινδρο τυλίξεως



Σχήμα 53 : Διακρίνουμε το ίδιο σύστημα τυλίξεως του πλαστικού φιλμ με πριν

Ένα σύγχρονο σύστημα τύλιξης του παραγόμενου πλαστικού φιλμ είναι και αυτό που διακρίνεται στο επόμενο σχήμα .

Το σχήμα που προηγήθη δίνει σχηματικά τη πορεία του υλικού μέσα στη κεφαλή και βοηθούν στο να κατανοήσει κάποιος το πώς επιτυγχάνεται η ανάμειξη .

Πρέπει να πούμε ότι μικρές βιομηχανίες παραγωγής πλαστικών συσκευασίας δεν έχουν τη δυνατότητα χρήσης μηχανών σαν αυτή που η βιομηχανία FLEXO έχει . Αναφερόμαστε φυσικά σε ένα υπερσύγχρονο extruder στο οποίο όλες οι εντολές λειτουργίας δίνονται μέσω υπολογιστή νέας γενιάς και με πολύ εύκολους χειρισμούς ο εξειδικευμένος χειριστής δίνει όλες τις εντολές .

Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν τέτοιες σύγχρονες μηχανές τα extruders πρέπει να χειρίζονται από χειριστές με μεγάλη εμπειρία που εμπειρικά θα μπορούν να πραγματοποιούν τις σωστές αναμειξεις των προσθέτων , με πολλές φορές να πραγματοποιούν και λάθη που αποβαίνουν σε αύξηση των σκάρτων στη παραγωγή .

3.10 Ποιοτικός έλεγχος

Η διαδικασία παραγωγής του πλαστικού φιλμ συσκευασίας έχει σε αυτό το σημείο πραγματοποιηθεί και πιστεύουμε ότι τη περιγράψαμε αρκετά ικανοποιητικά . Το πλαστικό φιλμ έχει πλέον συλλεχθεί σε ρολά και αφού πραγματοποιηθεί και ο ποιοτικός έλεγχος που πραγματοποιείται με δειγματοληψία η παραγγελία στέλνεται στο τυπογραφείο της βιομηχανικής μονάδας ή στη μονάδα κοπτικών μηχανών .

Καλό θα ήταν να αναφέρουμε ότι οι παραγγελίες που στέλνονται σε βιομηχανικές μονάδες κατασκευής πλαστικών φιλμ συσκευασίας είναι αρκετά μεγάλων ποσοτήτων και είναι προφανές πως δεν είναι δυνατόν από μια μηχανή παραγωγής πλαστικού φιλμ συσκευασίας να βγει ένα ρολό π.χ. 1000 kg έτσι θα πρέπει η παραγωγή της παραγγελίας να γίνει σε ρολά π.χ των 250 kg .

Ο λόγος για τον οποίο δεν είναι δυνατή η παραγωγή τόσο μεγάλων ρολών είναι καθαρά λόγω ικανότητας μηχανημάτων αλλά και γιατί τέτοια βάρη είναι πολύ δύσκολο να μεταφερθούν , να δουλευτούν , θα λέγαμε καλύτερα .

Θα θέλαμε σε αυτό το σημείο να πούμε ορισμένα πράγματα που αφορούν το ποιοτικό έλεγχο της παραχθείσας παραγγελίας .

Έτσι λοιπόν με τη μέθοδο της δειγματοληψίας λαμβάνουμε δείγμα του οποίου μετράμε το πάχος του φιλμ συσκευασίας σε διάφορα σημεία βγάζοντας ένα μέσο όρο για το πάχος , διαδικασία μέτρησης την οποία πρέπει να πραγματοποιήσουμε όταν το extruder που παράγει δεν είναι σύγχρονο .

Αυτό διότι τα σύγχρονα extruders φέρουν ειδική συσκευή που κατά τη ροή του πλαστικού φιλμ από την κεφαλή στους κυλίνδρους εξόλκευσης μετρά το πάχος και προχωρά σε αυτόματες διορθώσεις , είτε στη παροχή πλαστικού ή στη ταχύτητα των κυλίνδρων εξόλκευσης προκειμένου να επιτευχθεί το σωστό πάχος .

Στα extruders παλαιάς τεχνολογίας είναι δύσκολη η επίτευξη του σωστού πάχους απαιτεί εξειδικευμένο χειριστή και εκτός αυτού αφού επιτευχθεί το σωστό πάχος θέλει και συνεχή παρακολούθησή για διατήρηση του .

Η επιτρεπόμενη απόκλιση ύστερα από μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί είναι $\pm 5\%$.

Η μέτρηση γίνεται με τη βοήθεια ειδικού οργάνου (μικρομέτρου) το οποίο μας δίνει το πάχος σε μικρά (μ) .

Ο επόμενος έλεγχος αν φυσικά είναι απαραίτητος (εξαρτάται από τη παραγγελία) γίνεται για να διαπιστωθεί αν έχει επιτευχθεί η σωστή απόχρωση στο χρώμα του φιλμ συσκευασίας .

Τέλος θα πρέπει να σταλεί και ένα δείγμα του παραχθέντος φιλμ συσκευασίας στο εργαστήριο της βιομηχανικής μονάδας για, το οποίο έχουμε είδη μιλήσει σε προηγούμενη παράγραφο, εκεί λοιπόν θα σταλεί δείγμα της παραγγελίας που θα πρέπει να συνοδεύεται από το έντυπο στο οποίο αναφερθήκαμε νωρίτερα και όπου καταγράφονται τα απαραίτητα στοιχεία για το δείγμα.

Στο εργαστήριο της βιομηχανικής μονάδας που βρεθήκαμε είχαμε τη τύχη να συναντήσουμε ένα άτομο κατά τη γνώμη μας εξοπλισμένο εργαστήριο στο οποίο με τη βοήθεια μιας εξαιρετικής πειραματικής συσκευής επιτυγχάνεται ο έλεγχος σε εφελκυσμό αλλά και ο προσδιορισμός του συντελεστή τριβής του κάθε δείγματος πλαστικού που φτάνει στο εργαστήριο.

Η πειραματική συσκευή αποτελείται από την υπολογιστική μονάδα και από τη συσκευή συγκράτησης των δοκιμίων του πλαστικού που σκοπεύουμε να ελέγξουμε. Η συσκευή που χρησιμοποιείται είναι ένας συγκρατητής με δύο σφιγκτήρες οι οποίοι πιάνουν το δοκίμιο στις δύο του άκρες. Οι σφιγκτήρες συνδέονται με τον υπολογιστή ο οποίος δίνει εντολή για τη δύναμη που θα ασκηθεί στο δοκίμιο ενώ επίσης έχουν τη δυνατότητα μέσω αισθητήρων να

αντιλαμβάνονται το σημείο που στο δοκίμιο θα επέλθει θραύση.

Εν συνεχεία θα ήθελα να περιγράψω τη διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να διεκπεραιωθούν οι μετρήσεις.

α) Πειραματική διαδικασία για τον προσδιορισμό της αντοχής του δείγματος πλαστικού.

Κατ'αρχάς λαμβάνουμε δύο δείγματα, συγκεκριμένων διαστάσεων, από το πλαστικό συσκευασίας που μας έχει αποσταλεί και παράλληλα συγκρατούμε όλα τα στοιχεία που αφορούν το συγκεκριμένο δείγμα σε αρχείο.

Λαμβάνουμε δύο δείγματα διότι το ένα θα ληφθεί οριζόντιο σύμφωνα με τη φορά που βγήκε πλαστικό φιλμ από τον εκβολέα δηλαδή την (Machine Direction), Το δεύτερο δείγμα θα ληφθεί κάθετα της φοράς με την οποία βγήκε το πλαστικό από τον εκβολέα δηλαδή την Cross Direction.

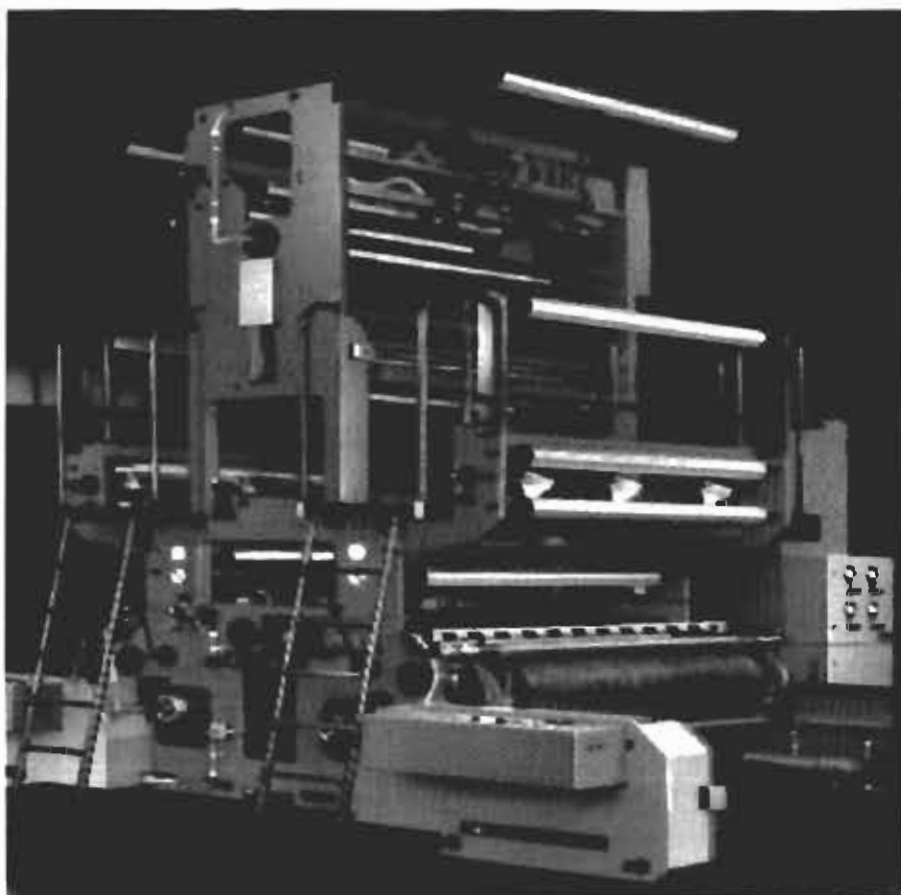
Αφού θέσουμε σε λειτουργία το ειδικό πρόγραμμα μέσω υπολογιστή και οι ενδείξεις δείχνουν πως όλα είναι έτοιμα για τη πραγματοποίηση του πειράματος τότε τοποθετούμε το δείγμα στις σιαγόνες που φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί και εν συνεχεία μηδενίζουμε την ένδειξη της δύναμης F και αφού η ένδειξη δείξει $F = 0,000$ κάνουμε START.

Οι ενδείξεις που λαμβάνουμε στην οθόνη του υπολογιστή μας είναι FORCE (F), ELONGATION (E), STRAIN (S) θα πρέπει να είναι και αυτές στο $0,000$.

Αφού λοιπόν κάνουμε start βλέπουμε πως οι σιαγόνες αρχίζουν να απομακρύνονται η μία από την άλλη (κατακόρυφα) και η ένδειξη F να μεταβάλλεται πάντα αυξανόμενη από την αρχική $F = 0,000$.

Παρατηρούμε πως μετά από κάποιο διάστημα στο δείγμα πλαστικού επέρχεται η θραύση και εκείνη ακριβώς τη στιγμή οι σιαγόνες σταματούν να απομακρύνονται. Στο συγκεκριμένο σημείο είμαστε έτοιμοι να πάρουμε τα αποτελέσματα που κατέγραψε ο υπολογιστής.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να παραθέσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα μιας σκληρομέτρησης καθώς και τα αποτελέσματά της.



Σχήμα 54 : Σύγχρονο σύστημα τολίξεως του πλαστικού φιλμ

3.9 Ανάμειξη

Οι παραγγελίες που φτάνουν στο τμήμα παραγωγής σε ρολό του πλαστικού φιλμ σχεδόν πάντα έχουν κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις οι οποίες για να καλυφθούν απαιτείται η ανάμειξη της πρώτης ύλης με κάποια πρόσθετα (όπως έχουμε ήδη αναφέρει). Τις περισσότερες φορές τα πρόσθετα αυτά είναι χρωστικές ουσίες . Αυτό που θα μας απασχολήσει στη φάση αυτή είναι πώς επιτυγχάνεται η ανάμειξη και η έξοδος από τον εκβολέα του πλαστικού συσκευασίας με την απόχρωση που επιθυμούμε ή τη διχρωμία που επιτυγχάνουμε στο πλαστικό (η μία πλευρά να έχει διαφορετικό χρώμα από την άλλη) .

Τα σύγχρονα extruders μας δίνουν κατ'αρχάς τη δυνατότητα ανάμειξης των διαφόρων πρόσθετων ή πριν αλλά και μέσα στη κεφαλή του εκβολέα . Τα extruders φέρουν ειδικούς σωλήνες αναρρόφησης πρώτης ύλης που λειτουργούν μετά από εντολή που έχουμε εμείς δώσει αφού προγραμματίσουμε τον εκβολέα με τη βοήθεια ειδικού προγράμματος . Έχουμε δηλαδή εμείς αρχικά δώσει τα ποσοστά % περιεκτικότητας πρώτης ύλης αλλά και πρόσθετων που θα μας αποδώσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα στο προϊόν . Η ανάμειξη λοιπόν π.χ. πρώτης ύλης με κάποια χρωστική ουσία μπορεί να γίνει πριν το εσωτερικό της κεφαλής του εκβολέα αν θέλουμε απλά να πάρει το παραγόμενο φιλμ κάποια απόχρωση ή μέσα στον εκβολέα αν θέλουμε το φιλμ να έχει διαφορετική απόχρωση στη κάθε του πλευρά .

α/α	Test No	Date	Time	Fmax (N)	S-Fmax (mm)	Fbrk (N)	S-Fbrk (mm)	e-modul (N/mm ²)
218	218	21/8/01	11:35:33	10,554	427,820	7,989	428,687	0,145

(Πίνακας19 : Αποτελέσματα μίας δυναμομέτρησης)

β) Πειραματική διαδικασία για το προσδιορισμό του συντελεστή τριβής του δείγματος πλαστικού .

Σε αυτή τη πειραματική διαδικασία λαμβάνουμε πάλι δύο δείγματα πάλι προς τη Machine direction και κατά τη Cross direction .

Τοποθετούμε το δείγμα πάνω σε μεταλλική λεία επιφάνεια. κατά τέτοιο τρόπο που να μη μετακινείτε και να μη δημιουργούνται ανωμαλίες στην επιφάνειά του .

Πάνω στην επιφάνεια τοποθετούμε το ειδικό συρόμενο μεταλλικό πλακίδιο το οποίο στη μια του πλευρά φέρει επικάλυψη από βαμβάκι και στην οποία συγκρατούμε πλαστικό από το ίδιο δείγμα το οποίο τοποθετήσαμε και στην επίπεδη μεταλλική πλάκα . Αφού λοιπόν ξεκινήσουμε το ειδικό πρόγραμμα πάλι μέσω του υπολογιστή μας και οι ενδείξεις δείχνουν πως όλα είναι έτοιμα μηδενίζουμε την F και όλες τις υπόλοιπες ενδείξεις και πατάμε το START .

Στο σημείο εκείνο το πλακίδιο , και πιο συγκεκριμένα η πλευρά που φέρει το πλαστικό που έχουμε συγκρατήσει , αρχίζει να σύρεται πάνω στην μεταλλική επιφάνεια που είναι καλυμμένη με το πλαστικό του δείγματος μέχρι ένα σημείο όπου και σταματά .

Σε εκείνο το σημείο λαμβάνουμε τα στοιχεία που αναγράφονται στην οθόνη κάπου εδώ θα θέλαμε να παραθέσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα ενός πραγματικού προσδιορισμού του συντελεστή τριβής.

Έτσι λοιπόν καταγράφουμε στη συνέχεια τα αποτελέσματα από ένα συγκεκριμένο έλεγχο .

Οι ενδείξεις που αναγράφονται στην οθόνη του υπολογιστή μας και τις οποίες θα πρέπει να μηδενίσουμε είναι : FORCE (F) , ELONGATION (E) , TIME (T) .

α/α	Date	Time	Fmaxprendis (N)	Faverage (N)	Fmax (N)	Static Friction	Sliding Friction
218	218	21/8/01	0,154	0,120	0,132	0,078	0,061

(Πίνακας 20 : Αποτελέσματα μίας μέτρησης για την εύρεση του συντελεστού τριβής)

Όλα τα εξαγόμενα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις απαιτήσεις της παραγγελίας που έχει γίνει προκειμένου να διαπιστωθεί αν το παραχθέν προϊόν πληρεί τις απαιτήσεις του πελάτη .

Στην περίπτωση που υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό το οποίο δεν έχει τα στοιχεία που απαιτούνται , δίδονται οδηγίες στο τμήμα που παράγει το πλαστικό από πρώτη ύλη στη μορφή που επιθυμούμε προκειμένου να γίνουν κάποιες βελτιώσεις στο προϊόν.

Βελτιώσεις που επιτυγχάνονται είτε με αλλαγή υλικού ή με την αλλαγή της περιεκτικότητας σε πρόσθετα κάτι που εξαρτάται με το τι επιθυμούμε να βελτιωθεί.

Πέρα από τον έλεγχο για πληρότητα των απαιτήσεων του πελάτη άρα της παραγγελίας σκοπός του εργαστηρίου είναι να προτείνει λύσεις στα διάφορα τμήματα της βιομηχανίας με σκοπό την επίτευξη καλύτερων ποιοτικά προϊόντων αλλά και παραγωγή νέων .

Αφού η παραγγελία λοιπόν ελεγχθεί και εγκριθεί από το εργαστήριο της βιομηχανικής μονάδας τότε οδηγείται αν είναι απαραίτητο στο τυπογραφείο ή στο τμήμα κοπτικών μηχανών ή αν δεν απαιτείται κάποια άλλη περαιτέρω επεξεργασία απευθείας για συσκευασία και αποστολή στο πελάτη .

4. Εκτύπωση πλαστικών φιλμ συσκευασίας

Ένα άλλο πολύ μεγάλο τμήμα της βιομηχανίας πλαστικών φιλμ συσκευασίας είναι και το τυπογραφείο της μονάδας .

Όπως προαναφέραμε όσες παραγγελίες απαιτούν την εκτύπωση κάποιας φίρμας ή σχεδίων πάνω στο πλαστικό οδηγούνται στο τμήμα αυτό .

Θα θέλαμε σε αυτό το σημείο να πούμε πως κρίναμε σκόπιμο να μην εμβαθύνουμε πολύ σε αυτό το τμήμα διότι κρίνουμε πως ξεφεύγουμε από το θέμα της εργασίας μας.

Έτσι λοιπόν θα δώσουμε μια περιγραφή του πώς γίνεται η εκτύπωση των πλαστικών συσκευασίας καθώς και με τη βοήθεια ενός κατατοπιστικού σχεδίου που μας δίνει την πλάγια όψη μίας εκτυπωτικής μηχανής θα περιγράψουμε την συγκεκριμένη μηχανή .

4.1 Διαδικασία εκτύπωσης πλαστικού φιλμ συσκευασίας

Το πλαστικό φιλμ αρχικά για να τυπωθεί θα πρέπει να έχει γίνει στο πρώτο στάδιο παραγωγής του η διάβρωση του από την ειδική συσκευή βομβαρδισμού με ηλεκτρόνια . Έτσι μόνο όπως έχουμε προαναφέρει μπορούν τα χρώματα που χρησιμοποιούνται να "μείνουν" πάνω στο πλαστικό .

Για να πραγματοποιηθεί η οποιαδήποτε εκτύπωση πάνω σε πλαστικό θα πρέπει να γίνουν μία σειρά από εργασίες πριν φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Έτσι λοιπόν θα πρέπει αρχικά να δημιουργηθεί το σχέδιο που επιθυμεί ο πελάτης να τυπωθεί στο πλαστικό .

Εν συνεχεία θα πρέπει να προσδιοριστεί ο αριθμός των χρωμάτων , κάτι που πρέπει να γίνει διότι όπως θα δούμε στη συνέχεια επηρεάζει σημαντικά την όλη εξέλιξη της διαδικασίας εκτύπωσης .

Θα πρέπει να δημιουργηθούν σε ειδικό εργαστήριο οι μακέτες του σχεδίου που θα εκτυπωθεί.

Αν θα είναι πάνω από μία οι μακέτες παίζει ρόλο το αν θα χρησιμοποιηθούν περισσότερα από ένα χρώματα για το σχέδιο. Έτσι για κάθε διαφορετικό χρώμα που επιθυμεί ο πελάτης κατασκευάζεται και μία ξεχωριστή μακέτα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος κατασκευής των μακετών και για αυτό το λόγο θα θέλαμε να κάνουμε μια μικρή αναφορά στο πολύ ενδιαφέρον αυτό θέμα . Αρχικά ο πελάτης έρχεται σε επαφή με έναν γραφίστα - σχεδιαστή ο οποίος δημιουργεί το σχέδιο που επιθυμεί.

Εν συνεχεία το σχέδιο στέλνεται σε ειδικό εργαστήριο το οποίο δημιουργεί όσα σχέδια χρειάζονται σύμφωνα με τον αριθμό των χρωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν .

Τα σχέδια αυτά που έχουν κατασκευαστεί σε υπολογιστή μετατρέπονται σε ανάγλυφη μακέτα το υλικό της οποίας είναι μαλακό πλαστικό .

Η διαδικασία αυτή κατασκευής μακέτας πραγματοποιείται με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών , ειδικών συσκευών οι οποίες συνεργάζονται με τους υπολογιστές και απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό .

Οι μακέτες έχουν ήδη κατασκευαστεί και στέλνονται στο τμήμα μοντάζ του τυπογραφείου .

Εδώ εξειδικευμένος τεχνίτης κολλά σε κυλίνδρους με μεγάλη ακρίβεια τις πλαστικές μακέτες .

Οι μακέτες τοποθετούνται σε απόλυτα σωστές θέσεις πάνω στους κυλίνδρους προκειμένου το τελικό αποτέλεσμα να είναι το επιθυμητό .

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό η χρήση πολλών κυλίνδρων δεν είναι φυσικά δυνατή και αυτό διότι όπως διακρίνουμε στο σχήμα που θα ακολουθήσει το μέγεθος που θα αποκτούσε η τυπογραφική μηχανή θα έπρεπε να είναι τεράστιο .

Η πληθώρα λοιπόν των χρωμάτων που μπορεί να έχει αυτή τουλάχιστον τη στιγμή με την υπάρχουσα τεχνολογία είναι αρκετά περιορισμένη .

Αφού λοιπόν επικολληθούν οι μακέτες στους τυπογραφικούς κυλίνδρους τοποθετούνται στις ειδικές τους θέσεις.

Εν συνεχεία θα έρθουν σε επαφή με το χρώμα που θα χρησιμοποιηθεί για το κάθε σχέδιο και σε ταυτόχρονη επαφή με το πλαστικό συσκευασίας το οποίο θα έρθει από το προηγούμενο τμήμα τυλιγμένο σε ρολό , θα ξετυλιχτεί , θα τυπωθεί ερχόμενο σε επαφή με όλους τους κυλίνδρους , θα ελεγχθεί με ειδικό σύστημα παρακολούθησης με τη βοήθεια κάμερας και τέλος θα ξανά τυλιχτεί σε ρολό για να τερματιστεί η διαδικασία εκτύπωσης .

Πρέπει να πούμε πως στη συνέχεια οι εργαζόμενοι στο τμήμα πρέπει να καθαρίσουν τους κυλίνδρους αλλά. και τα δοχεία με το χρώμα για να ακολουθήσει η επόμενη εκτύπωση .

Γίνεται χρήση εξαιρετικά εύφλεκτων διαλυτικών και για αυτό το λόγο καταγράφουμε σε επόμενο κεφάλαιο τους κανονισμούς ασφαλείας που πρέπει να τηρούνται σε τυπογραφεία που κάνουν χρήση τέτοιων ουσιών .

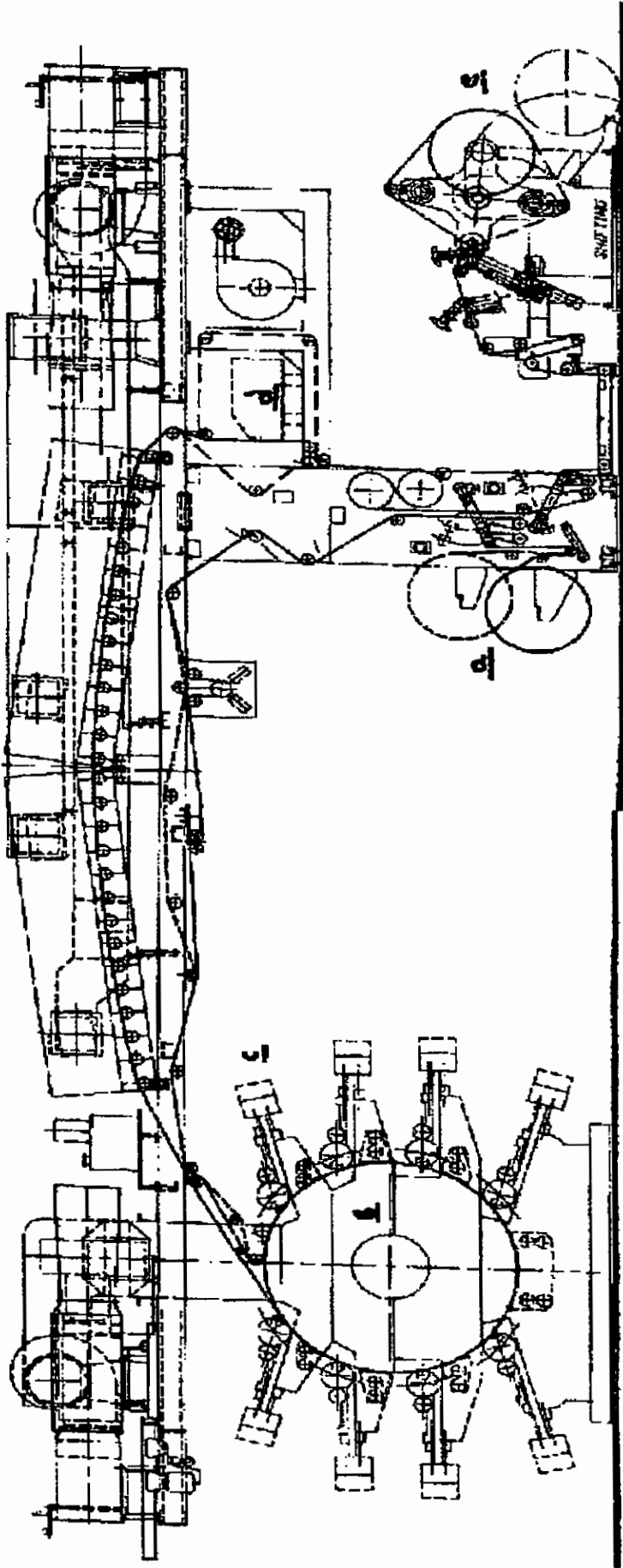
4.2 Περιγραφή τυπογραφικής μηχανής

Στο σημείο αυτό περνάμε σε μια περιγραφή απλά μιας σύγχρονης τυπογραφικής μηχανής η οποία χρησιμοποιείται σε τυπογραφία πλαστικών φιλμ συσκευασίας .

Στο σχήμα που ακολουθεί βλέπουμε πλάγια όψη μιας τέτοιας τυπογραφικής μηχανής η οποία πιστεύουμε βοηθά πολύ στη κατανόηση του θέματος .

Έτσι λοιπόν παρατηρώντας το σχήμα διακρίνουμε την όλη διαδικασία εκτύπωσης . Στο σημείο α της μηχανής τοποθετείται το πλαστικό φιλμ το οποίο θα τυπωθεί στη μηχανή .

Αυτό που πρέπει να γίνει είναι να περάσει ένα τμήμα του ρολού που θα τυπωθεί από όλη τη διαδρομή της μηχανής και να φτάσει στο σημείο α όπου θα τυλιχτεί σε νέο κύλινδρο , φυσικά το τμήμα του ρολού που θα περαστεί αρχικά για να μπορέσει το υπόλοιπο να ακολουθήσει δεν θα τυπωθεί .



Σχήμα 55 : Πλάγια όψη εκτυπωτικής μηχανής

Στα σημεία β , c έχουμε το κύριο τμήμα της εκτύπωσης .

Τα c είναι οι θέσεις που τοποθετούνται οι διάφορες μακέτες που αποτελούν το σύνολο του σχεδίου και των χαρακτήρων που θέλουμε να τυπώσουμε στο φιλμ σε κάθε ένα από τα δοχεία c τοποθετείται και το ανάλογο χρώμα που απαιτεί η παραγγελία. .

Τα ρολά με τη μακέτα ακουμπούν σε κύλινδρο ο οποίος έχει στην επιφάνεια του ομοιόμορφα κατανεμημένη ποσότητα χρώματος , έτσι οι πλαστικές μακέτες αφού έρθουν σε επαφή με τους κυλίνδρους με το χρώμα έρχονται στην αμέσως επόμενη φάση σε επαφή με το πλαστικό φιλμ το οποίο βρίσκεται τυλιγμένο γύρω από τον κύλινδρο β. Αφού τελικά διαγράψει το πλαστικό πλήρη κύκλο θα έχουν αποτυπωθεί πάνω του όλες οι φάσεις άρα και όλο το σχέδιο που προβλέπει η παραγγελία .

Το πλαστικό ακολουθεί μια ορισμένη πορεία επαφτομενικά κυλίνδρων και φτάνει στο σημείο d όπου μας δίνεται στο σημείο αυτό η δυνατότητα ελέγχου της εκτύπωσης μέσω συστήματος κάμερας και οθόνης που υπάρχει στο χειριστήριο της τυπογραφικής μηχανής .

Τέλος το πλαστικό συλλέγεται σε κυλίνδρους στο σημείο a που προαναφέραμε

5. Τμήμα κοπτικών μηχανών

Στο τμήμα των κοπτικών μηχανών διακρίνουμε μηχανές οι οποίες θα δώσουν στο πλαστικό τη μορφή που απαιτεί ο πελάτης προκειμένου να συσκευάσει αυτός με τη σειρά του το προϊόν που παράγει .

Πρόκειται για μια διαδικασία για τη περιγραφή της οποίας απαιτούνται ιδιαίτερες αναφορές σε εξειδικευμένα συστήματα βιομηχανικών αυτοματισμών στα οποία εάν επεκταθούμε σε αυτή την εργασία τότε είναι πολύ πιθανό ότι θα ξεφύγουμε από το θέμα μας .

Παρόλα αυτά όμως κρίναμε σκόπιμο να κάνουμε και εδώ , όπως κάναμε και στο κεφάλαιο που αναφερθήκαμε στο τυπογραφείο της μονάδας , μια αναφορά απλή στη μορφή και στην αρχή λειτουργίας τέτοιων μηχανών .

Έτσι λοιπόν οι σακουλοποιητικές μηχανές έχουν περίπου τη μορφή που βλέπουμε στα σχήματα που ακολουθούν .



Σχήμα 56 : Διακρίνουμε τη μορφή μιας σύγχρονης κοπτικής μηχανής η οποία παράγει σακούλες για καταστήματα SUPER MARKET

Πρέπει να πούμε πως οι κοπτικές μηχανές ή θα κατασκευάσουν σακούλες που απευθείας κάποιος εργάτης θα τοποθετήσει το προϊόν που θα συσκευαστεί μέσα σε αυτές ή θα κατασκευάσει μια σακούλα η οποία θα πάει σε ειδική μηχανή που θα συσκευάσει αυτόματα το προϊόν που προορίζεται να συσκευαστεί .

Η αρχή λειτουργίας τους είναι απλή .

Το φιλμ που προορίζεται για να γίνει π.χ. σακούλα ξετυλίγεται από τη κοπτική μηχανή σιγά σιγά τεντώνεται από ειδικούς κυλίνδρους τυλίγεται από άλλους , ανά διαστήματα τρυπιέται , κόβεται και παράλληλα θερμοκολλάται όπου είναι απαραίτητο και πάντοτε με αυτοματισμούς που στηρίζουν τη λειτουργία τους σε φωτοκύτταρα που δίνουν εντολή για την εκτέλεση της κάθε εργασίας .

Το δύσκολο είναι η άψογη συνεργασία όλων των αυτοματισμών προκειμένου το αποτέλεσμα να είναι το επιθυμητό .

Σε αυτό παίζει ρόλο ο εξειδικευμένος τεχνίτης που θα ρυθμίσει τη μηχανή σωστά .

5.1 Περιγραφή κοπτικών μηχανών

Όπως βλέπουμε λοιπόν στο επόμενο σχήμα που βλέπουμε σε πλάγια όψη μια σακουλοποιητική μηχανή διακρίνουμε στο σημείο 1 το ξετύλιγμα του ρολού που συνήθως έρχεται τυπωμένο από το τυπογραφείο με τη φίρμα του πελάτη ή σε περιπτώσεις που δεν απαιτείται εκτύπωση έρχεται απευθείας από την αρχική μονάδα παραγωγής του φιλμ .

Στο σημείο 2 έχουμε κάποιο διαχωριστή του φιλμ σε όσα τμήματα επιθυμούμε να το κόψουμε - μοιράσουμε .

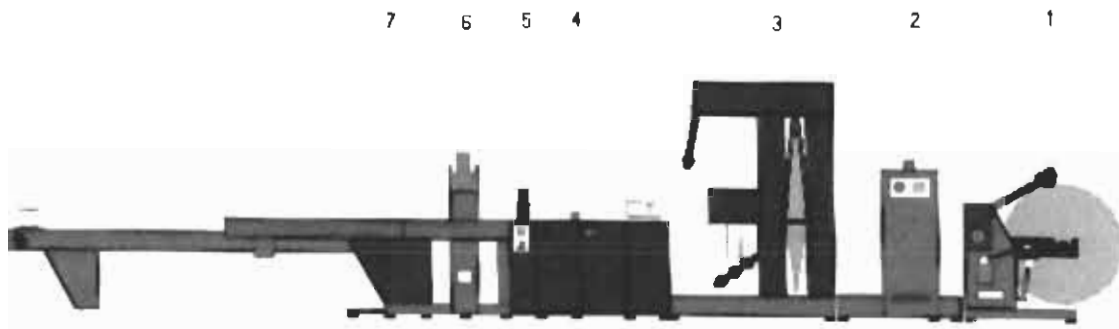
Στο σημείο 3 διακρίνουμε κυλίνδρους οι οποίοι τεντώνουν και τοποθετούν το φιλμ που ξετυλίγεται σε σωστή θέση .

Η ύπαρξη όπως είδαμε και λίγο νωρίτερα φωτοκώτταρων στις μηχανές αυτές είναι άκρως απαραίτητη , αυτό διακρίνουμε στο σημείο 4 .

Στο σημείο 5 γίνεται το κόψιμο και ταυτόχρονα το σφράγισμα με θερμοκόλληση της κάθε σακούλας.

Στο σημείο 6 γίνεται η συλλογή των παραχθέντων σακουλών σε ποσότητες που καθορίζονται μέσω οδηγίας που δίνουμε εμείς στη μηχανή , ποσότητα που προσδιορίζει η μηχανή σύμφωνα με το βάρος των σακουλών που συλλέχθηκαν .

Τέλος στο σημείο 7 διακρίνουμε ένα χώρο εργασίας για αυτόν που συλλέγει τις σακούλες που βγαίνουν από τη μηχανή .



Σχήμα 57 : Πλάγια όψη κοπτικής μηχανής . Διακρίνεται και η ροή που έχει το πλαστικό φιλμ .

6. Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας

Στο κεφάλαιο αυτό καταγράφονται οι κανόνες υγιεινής και ασφάλειας που έχουν ως σκοπό την προστασία της ζωής , της υγείας και την σωματική ακεραιότητα του εργαζομένου .

Επίσης αναφέρουμε ορισμένους θεσμούς που βοηθούν σε αυτό το σκοπό .

Είναι γνωστό πως η χώρα μας πληρώνει ένα βαρύ τίμημα σε ζωές εξαιτίας του εργατικού ατυχήματος και επαγγελματικής ασθένειας .

Μελέτες αναφέρουν πως στη χώρα μας κάθε δεκαπέντε λεπτά παρουσιάζεται κάποιο εργατικό ατύχημα .

Εμείς σε αυτό το κεφάλαιο σκοπεύουμε να αναφέρουμε μεθόδους που έχουν ως σκοπό την πρόληψη του εργατικού ατυχήματος τόσο στο επίπεδο της επιχείρησης όσο και στην ενσωμάτωση αυτών των κανόνων ασφάλειας στη παραγωγική διαδικασία , στο σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιριακών εγκαταστάσεων , στα μηχανήματα και στην εγκατάστασή τους στην παραγωγική μονάδα.

Τέλος στη προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται σε χημικούς , φυσικούς αλλά και βιολογικούς παράγοντες κατά τη διάρκεια της εργασίας τους .

Οι κανόνες , μέθοδοι αλλά και θεσμοί ασφαλείας που θα αναφέρουμε πρέπει να εφαρμόζονται σε όλες τις επιχειρήσεις και εκμεταλλεύσεις του ιδιωτικού και δημοσίου τομέα .

Φυσικά κρίναμε σκόπιμο να αναφέρουμε και οτιδήποτε σχετικό με την ασφάλεια των εργαζομένων σε μια βιομηχανική μονάδα κατασκευής πλαστικών συσκευασίας . Με ιδιαίτερη χαρά πρέπει να πούμε πως στην πρακτική επαφή που είχαμε με την βιομηχανική μονάδα αισθανθήκαμε ασφάλεια και λόγω των

κανονισμών ασφαλείας αλλά και λόγω της σωστής ενημέρωσης από τους αρμοδίους για αυτό τον τομέα .

6.1. Θεσμοί με σκοπό την βελτίωση των συνθηκών εργασίας στην επιχείρηση

Σαν θεσμούς ασφαλείας λοιπόν συναντούμε τρεις οι οποίοι ισχύουν όπως προανέφερα σε επιχειρήσεις ιδιωτικού αλλά και δημοσίου τομέα .
Θεσμοί που έχουν ως σκοπό όσα προαναφέραμε περί ασφαλείας αλλά και κάτι πολύ σημαντικό κατά τη γνώμη μας που είναι η ύπαρξη αρμοδίων ατόμων σε έναν πολύ σημαντικό τομέα .

Αρμόδιοι οι οποίοι έχουν την ακαδημαϊκή γνώση για την διεκπεραίωση του ρόλου αυτού που τους ανατίθεται .

Έτσι λοιπόν έχουμε :

α) Την επιτροπή υγιεινής και ασφαλείας της εργασίας .

Η επιτροπή αυτή απαρτίζεται από εκλεγμένους εκπροσώπους των εργαζομένων στην επιχείρηση , ανάλογα με το σύνολο των εργαζομένων και η σύσταση της επιτροπής αποτελεί δικαίωμα των εργαζομένων , δεν είναι δηλαδή εργοδοτική υποχρέωση .
Η υποχρέωση της επιχείρησης στην επιτροπή είναι να γίνονται ορισμένες διευκολύνσεις ώστε να μπορούν να ασκούν τις αρμοδιότητές τους αλλά και να παρέχει τα απαραίτητα εκείνα στοιχεία για το έργο της .

β) Ο τεχνικός ασφαλείας και ο γιατρός εργασίας της επιχείρησης .

Είναι δύο θεσμοί που μαζί με αυτόν της επιτροπής αποτελούν τη βάση της οργάνωσης πρόληψης στο επίπεδο της επιχείρησης .

Οι παραπάνω ειδικοί επιστήμονες έχουν συμβουλευτικό ρόλο και προς τις δύο πλευρές (εργαζομένων και εργοδότη) και δρουν σε συνεργασία αλλά και συμπληρωματικά με την επιτροπή φέρνοντας στη κάθε επιχείρηση την απαραίτητη γνώση που απαιτείται για την αντιμετώπιση των θεμάτων ασφαλείας και υγιεινής .
Το έργο του τεχνικού ασφαλείας και του γιατρού εργασίας είναι συμβουλευτικό και ελεγκτικό .

Ειδικότερα παρέχουν πληροφορίες , συμβουλές , οδηγίες και υποδείξεις για θέματα υγιεινής και ασφαλείας εργασίας .

Οι συμβουλές και οι υποδείξεις πρέπει να γίνονται

1) Στον εργοδότη , στη διεύθυνση της επιχείρησης και στους προϊσταμένους των τμημάτων .

2) Στους εργαζόμενους , ιδιαίτερα στο κάθε ένα ή σε ομάδες .

3) Στην επιτροπή υγιεινής και ασφαλείας των εργαζομένων

Επίσης πρέπει να επιθεωρούν χωριστά αλλά και μαζί , τις θέσεις εργασίας και να επιβλέπουν την εφαρμογή των μέτρων προστασίας της υγείας των εργαζομένων και των μέτρων πρόληψης των ατυχημάτων .

Ο τεχνικός ασφαλείας και ο γιατρός εργασίας καταχωρούν σε ειδικό βιβλίο τις υποδείξεις και συμβουλές που δίνουν στον εργοδότη ή τους εκπροσώπους του .

Επιπλέον έχουν τις εξής αρμοδιότητες , δικαιώματα και υποχρεώσεις

1) Να συμμετέχουν στη κατάρτιση και εφαρμογή των προγραμμάτων εκπαίδευσης των εργαζομένων σε θέματα υγιεινής και ασφαλείας εργασίας .

2) Ενημερώνονται από τον εργοδότη για τα νέα μέσα , υλικά , εξοπλισμό και εγκαταστάσεις , ώστε να μπορούν να παρέχουν τις συμβουλές τους από την αρχή .

3) Μεριμνούν να γίνονται μετρήσεις παραγόντων του εργασιακού περιβάλλοντος για να κρίνουν ποια είναι τα απαραίτητα και αποτελεσματικότερα μέτρα , που πρέπει να ληφθούν κατά περίπτωση .

4) Συνεργάζονται με την επιτροπή υγείας και ασφάλειας .

5) Συμμετέχουν στις κοινές συνεδριάσεις εργοδότη - επιτροπής υγιεινής και ασφάλειας που γίνονται κατά το πρώτο δεκαήμερο κάθε τριμήνου .

6) Έχουν ηθική ανεξαρτησία απέναντι στον εργοδότη .

Η αντίθεση σε θέματα υγιεινής και ασφάλειας δε μπορεί να αποτελέσει λόγο καταγγελίας της σύμβασης εργασίας τους .

Ο γιατρός της επιχείρησης έχει επιπρόσθετα και τις παρακάτω υποχρεώσεις

α) Τηρεί το ιατρικό απόρρητο υπέρ του εργαζομένου .

β) Προβαίνει σε προληπτικό έλεγχο των εργαζομένων , σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις κατά τη κρίση του , αλλά και κατά τη κρίση του επιθεωρητή εργασίας , μετά από αίτημα της επιτροπής υγιεινής και ασφάλειας εργασίας .

γ) Εξετάζει τον εργαζόμενο , εκτιμά τη καταλληλότητά του και εκδίδει βεβαίωση των εκτιμήσεών του .

δ) Δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιείται για να επαληθεύει το δικαιολογημένο ή μη της απουσίας εργαζομένου λόγο νόσου .

6.2. Κτιριολογικές προδιαγραφές

Οι διατάξεις του νόμου επιβάλλουν για πρώτη φορά η υγιεινή και ασφάλεια της εργασίας να αρχίζει να υπολογίζεται και να μελετάται προτού ακόμα κατασκευαστεί ο χώρος εργασίας , δηλαδή να αρχίζει από το στάδιο της μελέτης των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Εν συνεχεία θα κάνουμε μια αναφορά στη μελέτη που πρέπει να γίνεται για τα κτίρια που προορίζονται για χώρους εργασίας και για τις θέσεις εργασίας , για τη λειτουργικότητα την τάξη και καθαριότητα που πρέπει να επικρατεί φυσικά σε αυτούς τους χώρους

α) Μελέτη κτιρίου - Θέσεις εργασίας .

Είναι προφανές ότι είναι πολύ πιο εύκολη η τροποποίηση ενός σχεδίου από τη τροποποίηση ενός κτιρίου ή μιας εγκατάστασης .

Για αυτό όταν πρόκειται να κατασκευαστεί ένα εργοστάσιο , μια βιοτεχνία , μια αποθήκη και γενικά ένας χώρος εργασίας , πρέπει κατά το στάδιο της μελέτης και του σχεδιασμού , να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν διάφοροι παράγοντες που αφορούν εκτός από την ανεμπόδιστη ροή της παραγωγής , η ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων . Η εμπειρία του παρελθόντος , οι γνώσεις των τεχνικών ασφαλείας και των γιατρών εργασίας πάνω σε θέματα υγιεινής και ασφάλειας και όλων όσων ασχολήθηκαν ή ασχολούνται με κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο εργασίας , μπορούν να συμβάλουν στη σωστή μελέτη των χώρων εργασίας .

Η θέση του εργαζόμενου πρέπει μέσα στο γενικότερο χώρο εργασίας , να γίνει αντικείμενο λεπτομερέστατης μελέτης , με στόχο ο εργαζόμενος να έχει άνεση και ασφάλεια στις κινήσεις του , τόσο κατά τη διάρκεια της εργασίας , όσο και κατά τη διάρκεια του διαλείμματος ή και στη περίπτωση διαφυγής λόγω κινδύνου .

Για κάθε θέση εργασίας πρέπει να υπολογίζονται σωστά οι απαιτούμενες ελάχιστες διαστάσεις , δηλαδή ο ελάχιστος χώρος που χρειάζεται ένας εργαζόμενος (επιφάνεια ,

ύψος και όγκος) ώστε να εργάζεται με ασφάλεια και άνεση και παράλληλα να εξασφαλίζεται η καλή απόδοση στην εργασία του .

Κατά τη μελέτη πρέπει να καθορίζονται οι θέσεις για τους χώρους υγιεινής , τους χώρους αλλαγής ρούχων , το ιατρείο , το κυλικείο κ.τ.λ. κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι εργαζόμενοι να εξυπηρετούνται χωρίς κανένα εμπόδιο .

Οι κτιριακές εγκαταστάσεις γενικά πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αποφεύγεται ο επαγγελματικός κίνδυνος εξαιτίας αυτών .

β) Λειτουργικότητα χώρων εργασίας .

Όταν κατασκευαστούν χώροι εργασίας με βάση τις παραπάνω απαιτήσεις θα είναι πιο εύκολο :

1) Να υλοποιηθεί σχέδιο διαφυγής και διάσωσης σε περίπτωση κινδύνου .

2) Να γίνεται η συντήρηση και ο έλεγχος των χώρων εργασίας .

3) Να διατηρούνται καθαρές οι θέσεις εργασίας και οι διάδρομοι κυκλοφορίας.

Τι σημαίνουν όμως τα τρία παραπάνω σημεία

Η προστασία κατά των γνωστών κινδύνων από πυρκαγιά ή από σεισμό , πρώτα από όλα εξασφαλίζεται από τη μελέτη και τη κατασκευή (αντισεισμική μελέτη , μελέτη πυρασφάλειας , ειδική μελέτη για αντοχή του κτιρίου κατά της πυρκαγιάς) .

Πέρα από αυτό όμως πρέπει να υπάρχει και το προαναφερόμενο σχέδιο διαφυγής και διάσωσης .

Σύμφωνα με αυτό καθορίζονται οι συντομότεροι δρόμοι προς εξόδους (έξοδοι κινδύνου που οδηγούν σε όσο το δυνατόν ελάχιστο χρόνο τους εργαζόμενους σε συγκεκριμένους ασφαλείς χώρους .

Το παραπάνω σχέδιο πρέπει να καταρτίζεται από τον εργοδότη και να γίνονται συχνά δοκιμές υλοποίησής του .

Έτσι οι εργαζόμενοι γνωρίζοντας καλά το τρόπο διαφυγής σε περίπτωση πραγματικού κινδύνου , θα κατευθύνονται ψύχραιμα και χωρίς πανικό , στους καθορισμένους ασφαλείς χώρους .

Μια γενικότερη πυρκαγιά μπορεί να έχει προκληθεί από την επέκταση κάποιας πολύ μικρής (τοπικής) , που δε κατορθώθηκε να ελεγχθεί λόγω κακής λειτουργίας κάποιου πυροσβεστήρα .

Από αυτό γίνεται εύκολα κατανοητό , ότι ο έλεγχος και η συντήρηση , όχι μόνο στο σύστημα πυρασφάλειας , αλλά και σε κάθε άλλο αντικείμενο που αφορά την ασφάλεια είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες , για την πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου .

Είναι καθήκον του εργοδότη να αποκαθιστά όλες τις ελλείψεις , που μπορεί να γίνουν αιτία σοβαρού κινδύνου .

γ) Τάξη - Καθαριότητα

Σημαντικός επίσης παράγοντας για την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων είναι η διατήρηση τάξης και καθαριότητας στις θέσεις εργασίας , στους διαδρόμους κυκλοφορίας και στους χώρους υγιεινής , αλλαγής ρούχων και πρώτων βοηθειών .

Καθορίζοντας μία θέση για κάθε πράγμα και προσέχοντας το κάθε πράγμα να βρίσκεται στη θέση του , αποφεύγει κανείς ένα σημαντικό αριθμό ατυχημάτων .

διαβάσεις , όπως και οι άλλοι χώροι που προαναφέρθηκαν , πρέπει καθαρές και να μη χρησιμεύουν σαν αποθήκες .

Όταν αφήνονται διάφορα αντικείμενα ατακτοποιήτα στη τύχη σε διαδρόμους μπορεί εύκολα να προκληθούν προσκρούσεις ή πτώσεις και να μη διευκολύνεται η γρήγορη εκκένωση των χώρων σε περίπτωση κινδύνου .

Είναι φανερό ότι η συνεργασία των εργαζομένων είναι πολύ σημαντική στο τομέα αυτό.

6.3. Κριτήρια διαμόρφωσης χώρων και θέσεων εργασίας

α) Αερισμός - Εξαερισμός .

Οι βασικές γνώσεις σχετικές με τον αερισμό και εξαερισμό στους χώρους εργασίας είναι ζωτικής σημασίας , γιατί ο σωστός και αποτελεσματικός εξαερισμός διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στη προστασία της υγείας των εργαζομένων .

Τα συστήματα εξαερισμού διακρίνονται κυρίως σε τοπικές μονάδες και γενικό εξαερισμό .

Τα τοπικά συστήματα εξαερισμού έχουν σα σκοπό την απομάκρυνση της ακατάλληλης ατμόσφαιρας (ρύπανση , μόλυνση) από ένα περιορισμένο χώρο όπου εκτελείται συγκεκριμένη εργασία .

Τα συστήματα αυτά θεωρούνται τα πλέον κατάλληλα και απαραίτητα όταν :

1) Η δειγματοληψία αέρα δείξει ότι υπάρχουν ουσίες επιβλαβείς για την υγεία και εύφλεκτες ή εκρηκτικές ενώσεις .

2) Η λειτουργία των συσκευών ενός χώρου διευκολύνεται με την ύπαρξη μόνο τοπικών συστημάτων .

3) Όταν παρατηρείται ότι με τα συστήματα αυτά η εργασία γίνεται πιο άνετη . Ένα τοπικό σύστημα αποτελείται από τέσσερα μέρη : την θυρίδα (ή διαφράγματα) εισαγωγής , τους αγωγούς , τη συσκευή καθαρισμού του αέρα (θάλαμος καθίζησης) , το διαχωριστή αδράνειας , ηθμοί οθόνης (σακόφιλτρα) , ηθμοί ηλεκτροστατικής καθίζησης κ.τ.λ. και τον ανεμιστήρα (φυγοκεντρικού ή αξονικού τύπου) .

Με το γενικό εξαερισμό πραγματοποιείται αφαίρεση ή και παροχή αέρα στους χώρους εργασίας , ώστε οι συγκεντρώσεις των διαφόρων αερίων ρύπων να βρίσκονται σε χαμηλά (αποδεκτά) επίπεδα .

Έτσι μπορεί να γίνει με φυσικό αερισμό (ανοικτές πόρτες και παράθυρα , καθώς και με ανοίγματα της οροφής) ή με τεχνητό αερισμό (ανεμιστήρες , φυσητήρες , συστήματα κλιματισμού κ.τ.λ.) , ικανοποιητικός έλεγχος και βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας

β) Θερμοκρασία

Οι κύριες πηγές θερμότητας για τους εργαζόμενους σε θερμό περιβάλλον είναι αφενός ή μέσα σε αυτό προκαλούμενη μεταβολική θερμότητα και αφετέρου η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος .

Η μεταβολική θερμότητα είναι αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων των κυττάρων , ιστών και οργάνων .

Σε κατάσταση ανάπαυσης η παραγωγή μεταβολικής θερμότητας για τον ενήλικα ανέρχεται περίπου σε 75 χιλιοθερμίδες την ώρα .

Η κύρια πηγή αυξημένης παραγωγής μεταβολικής θερμότητας είναι η δραστηριότητα των μυών του ανθρώπου .

Κατά τη διάρκεια πολύ βαριάς μυϊκής εργασίας, η παραγωγή θερμότητας μπορεί να φτάσει τις 600 έως 750 χλιοθερμίδες την ώρα.

Έτσι κατά τη μυϊκή εργασία, πρέπει να προλαμβάνεται η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος, με την αποβολή μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας.

Εξάλλου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος παίζει σπουδαιότερο ρόλο, επειδή επιδρά στη θερμορύθμιση και επηρεάζει το πλάτος της κλίμακας, μέσα στην οποία ο ανθρώπινος οργανισμός ανταλλάσσει τη μεταβολική του θερμότητα με τη θερμότητα του περιβάλλοντος.

Άλλοι παράγοντες, που επιδρούν στη θερμορύθμιση, είναι η σχετική υγρασία και η ταχύτητα κίνησης του αέρα.

Κατά αυτό το τρόπο οι χώροι εργασίας καθώς και οι βοηθητικοί χώροι, σε όλη τη διάρκεια του ωραρίου εργασίας, πρέπει να έχουν θερμοκρασία ανάλογη με τη φύση της εργασίας και τη σωματική προσπάθεια που απαιτείται για την εκτέλεσή της. Περιοχές θέσεων εργασίας, που βρίσκονται υπό την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών, οι οποίες εκλύονται από τις εγκαταστάσεις, πρέπει να ψύχονται μέχρι μια ανεκτή θερμοκρασία, όσο αυτό είναι πρακτικά δυνατό (βλέπε αερισμός - εξαερισμός, ελαφρά ενδύματα, ιατρική παρακολούθηση, ενημέρωση, πληροφόρηση και εκπαίδευση των εργαζομένων κ.τ.λ.).

γ) Φωτισμός

Οι χώροι εργασίας, διαλείματος και πρώτων βοηθειών πρέπει να έχουν άμεση οπτική επαφή με τον εξωτερικό χώρο, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά από ειδική διάταξη. Εξαιρούνται:

1) Οι χώροι εργασίας, στους οποίους τεχνικοί λόγοι παραγωγής δεν επιτρέπουν άμεση οπτική επαφή με τον εξωτερικό χώρο.

2) Οι χώροι εργασίας με επιφάνεια κάτοψης πάνω από 2.000 τετραγωνικά μέτρα, εφόσον υπάρχουν επαρκή διαφανή ανοίγματα στην οροφή.

Οι εγκαταστάσεις φωτισμού των χώρων εργασίας και διαδρόμων κυκλοφορίας πρέπει να κατασκευάζονται ή να διευθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μη δημιουργούνται κίνδυνοι για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων.

Ειδικότερα ο τεχνητός φωτισμός πρέπει

i) Να είναι ανάλογος με το είδος και τη φύση της εργασίας.

ii) Να έχει χαρακτηριστικά φάσματος παραπλήσια με του φυσικού φωτισμού.

iii) Να ελαχιστοποιεί τη θάμβωση.

iv) Να μη δημιουργεί αντιθέσεις και εναλλαγές φωτεινότητας.

v) Να διαχέεται, διευθύνεται και να κατανέμεται σωστά.

Οι ανάγκες σε φωτισμό, γενικό ή τοπικό ή συνδυασμένο γενικό και τοπικό, καθώς και η ένταση του φωτισμού, εξαρτώνται από το είδος και τη φύση της εργασίας και την οπτική προσπάθεια, που απαιτεί.

Αν από το είδος απασχόλησης των εργαζομένων και τα άλλα ιδιαίτερα π.χ. χαρακτηριστικά της επιχείρησης, είναι δυνατό να προκύψουν κίνδυνοι ατυχήματος, από απρόοπτη διακοπή του γενικού φωτισμού) πρέπει να υπάρχει εφεδρικός φωτισμός ασφάλειας.

Η ένταση του εφεδρικού φωτισμού είναι το 1/100 της έντασης του γενικού και οπωσδήποτε όχι μικρότερη από 1 Lux.

Οι διακόπτες του τεχνητού φωτισμού πρέπει να είναι εύκολα προσιτοί ακόμα και στο σκοτάδι και να είναι τοποθετημένοι κοντά στις εισόδους και εξόδους, καθώς και κατά μήκος των διαδρόμων κυκλοφορίας και των θυρίδων προσπέλασης.

6.4. Πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου από μηχανές

Μηχανές, συσκευές και εργαλεία, είναι τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται στους τόπους εργασίας και κινούνται με οποιαδήποτε άλλη ενέργεια (π.χ. ηλεκτρισμός, ατμός, αέρας πεπιεσμένος) εκτός από την ανθρώπινη. Σε αυτή τη παράγραφο θα σταθούμε σε τρία σημεία τα οποία αφορούν και τη μονάδα παραγωγής πλαστικών φιλμ συσκευασίας.

α) Προδιαγραφές - Οδηγίες.

Οι κατασκευαστές, εισαγωγείς και προμηθευτές είναι υποχρεωμένοι

1) Να μεριμνούν ώστε τα μηχανήματα, εργαλεία και συσκευές, τα οποία παράγουν εισάγουν ή διαθέτουν στο εμπόριο, να είναι σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά προδιαγραφές (των κανονισμών του υπουργείου εργασίας, των πρωτοτύπων του Ελληνικού οργανισμού τυποποίησης ή διεθνών και αναγνωρισμένων ινστιτούτων) υγιεινής και ασφάλειας και τους κανόνες της τεχνικής, κατά το σχεδιασμό και τη κατασκευή τους.

2) Να χορηγούν τις απαραίτητες γραπτές οδηγίες χρήσης και συντήρησης επισημαίνοντας τους πιθανούς κινδύνους από τη χρήση των μηχανών γενικά. Οι μηχανές που έχουν σχεδιαστεί για εγκατάσταση σε μόνιμη θέση, πρέπει να αγκυρώνονται με ασφάλεια, ώστε να αποτρέπεται ολίσθηση ή μετακίνησή τους. Οι μεγάλες μηχανές πρέπει να έχουν ειδική αντικραδασμική θεμελίωση και να έχουν προβλεφθεί για αυτές πλατείς διάδρομοι προσπέλασης (εργαζομένων και υλικού).

β) Προφυλακτικά συστήματα μηχανών

Όλες οι ταινίες, τροχαλίες, αλυσίδες, γρανάζια, σφόνδυλοι, άτρακτοι, άκρα αξόνων ή άλλα περιστρεφόμενα ή παλινδρομούντα μέρη μηχανών, που απέχουν έως δύο μέτρα από το δάπεδο ή την πλατφόρμα εργασίας, θα πρέπει να προφυλάσσονται αποτελεσματικά ώστε να αποκλείεται τυχαία επαφή αυτών με τους εργαζόμενους.

Οι προστατευτικές - προφυλακτικές συσκευές, πρέπει να σχεδιάζονται και να χρησιμοποιούνται κατά τρόπο ώστε :

1) Να εξασφαλίζουν θετική προστασία.

2) Να εμποδίζουν τη προσπέλαση στην επικίνδυνη ζώνη κατά τη διάρκεια της εργασίας.

3) Να μη στεναχωρούν και να μη φέρνουν σε αμηχανία τον εργαζόμενο.

4) Να μη βλάπτουν άσκοπα την παραγωγή.

5) Να λειτουργούν αυτόματα ή με ελάχιστη προσπάθεια.

6) Να είναι προσαρμοσμένες στη μηχανή και στην εργασία που εκτελείται με αυτή.

7) Να αποτελούν κατά προτίμηση τμήμα της όλης μηχανής.

8) Να επιτρέπουν τη λίπανση, τον έλεγχο, τη ρύθμιση και την επισκευή της όλης μηχανής.

9) Να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα με ελάχιστη συντήρηση.

10) Να είναι αντοχής, ανθεκτικές στη φωτιά και στη διάβρωση (σκουριά).

11) Να μην αποτελούν αυτές οι ίδιες πηγή κινδύνου (να είναι χωρίς τραχύτητες , αιχμηρές άκρες , οξείες αιχμές κ.τ.λ. , που μπορεί να προκαλέσουν ατυχήματα) .

12) Να προστατεύουν όχι μόνο από τους κινδύνους που κανονικά μπορεί κανείς να περιμένει , αλλά και από κάθε απρόβλεπτο περιστατικό που σχετίζεται με την εργασία . Οι παραπάνω αρχές πρέπει να εφαρμόζονται και κατά τη σχεδίαση αλλά και κατά τη κατασκευή των προστατευτικών καλύπτρων σε σημεία μηχανών , όπου είναι δυνατόν να εκσφενδονιστούν στοιχεία ή τεμάχια . ή υποπαράγωγα , όταν αυτές λειτουργούν .

Επίσης πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για τη ταυτόχρονη δέσμευση ή αναρρόφηση κ.τ.λ. των παραγομένων ρινισμάτων , κόνεων κ.α.

Για κανένα λόγο δεν επιτρέπεται να αφαιρούνται ή να αχρηστεύονται οι προφυλακτικές συσκευές των μηχανών , κατά τη διάρκεια της εργασίας .

Η επιτροπή των εργαζομένων και οι ειδικοί εμπειρογνώμονες (τεχνικός ασφαλείας , υπεύθυνος τεχνικής επίβλεψης λειτουργίας και συντήρησης μιας μηχανολογικής εγκατάστασης) , έχουν καθήκον να ελέγχουν τη χρήση των προφυλακτικών συσκευών και να διαπαιδαγωγούν , σχετικά τους εργαζόμενους .

γ) Ασφάλεια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων .

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις , ολόκληρος ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός , καθώς και κάθε αντικατάσταση , τροποποίηση και επισκευή επιμέρους τμημάτων , θα πρέπει να εγκαθίστανται , κατασκευάζονται και συντηρούνται , σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού εκτέλεσης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων .

Όλες οι σταθερές ηλεκτρικές συσκευές και μηχανήματα πρέπει να γειώνονται .

Τα φορητά ηλεκτρικά εργαλεία , πρέπει να τροφοδοτούνται από πίνακα που να διαθέτει αντιηλεκτροπληξιακό αυτόματο διακόπτη (διαφορικής προστασίας) ή να λειτουργούν σε χαμηλή τάση 24 ή 42 Volt .

Τα εργαλεία αυτά πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά από αρμόδιο τεχνίτη .

6.5. Προστασία από φυσικούς , χημικούς και βιολογικούς παράγοντες

Κάθε εργαζόμενος έχει δικαίωμα να απολαμβάνει υγιεινές συνθήκες εργασίας , πράγμα το οποίο δεν είναι δυνατόν να αντισταθμιστεί με ενδεχομένως χορηγούμενο επίδομα ανθυγιεινής εργασίας .

Οι συνθήκες που επικρατούν μέσα στο εργασιακό περιβάλλον , αν δεν είναι υγιεινές είναι δυνατόν να προκαλέσουν όχι μόνο σοβαρές ασθένειες , οι οποίες αργότερα εξελισσόμενες μπορεί να επιδράσουν μονίμως πάνω στην υγεία των εργαζομένων , φτάνοντας μέχρι σωματική αναπηρία .

Στη βιομηχανική μονάδα με την οποία ασχοληθήκαμε στην εργασία μας είδαμε ότι γίνεται χρήση χημικών ουσιών , έτσι σκόπιμο είναι να αναφέρουμε τις υποχρεώσεις του εργοδότη , τα τεχνικά μέτρα προστασίας της υγείας των εργαζομένων , τις ιατρικές εξετάσεις που πρέπει να γίνονται και τέλος η ενημέρωση και η πληροφόρηση των εργαζομένων που πρέπει να πραγματοποιείται .

Έτσι λοιπόν :

α) Υποχρέωση εργοδοτών για . ενημέρωση .

Την ευθύνη και την υποχρέωση για τη τήρηση όλων των όρων , που θα εξασφαλίζουν υγιεινές συνθήκες στο χώρο εργασίας , την έχουν κατά κύριο λόγο οι εργοδότες .

Για να υλοποιήσουν σωστά την παραπάνω υποχρέωση , πρέπει να παίρνουν τις απαραίτητες πληροφορίες για τους παράγοντες που επικρατούν στο χώρο εργασίας , δηλαδή τους φυσικούς , χημικούς και δημιουργούνται κατά την εργασία και είναι δυνατόν να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις πάνω στην υγεία των εργαζομένων .

Στη συνέχεια για να προστατευθεί πλήρως το περιβάλλον από τους επιβλαβείς παράγοντες επιβάλλεται ο εργοδότης να γνωρίζει προς είναι ο μέγιστος επιτρεπτός βαθμός ρύπανσης , χωρίς πρόκληση ζημιογόνων αποτελεσμάτων για την υγεία , δηλαδή να γνωρίζει τις οριακές τιμές που αφορούν συγκεντρώσεις και αντιπροσωπεύουν συνθήκες , στις οποίες όλοι οι εργαζόμενοι μπορούν να εκτεθούν επανειλημμένα και καθημερινά χωρίς βλαβερά αποτελέσματα .

Σαν οριακές τιμές χαρακτηρίζονται οι εξής :

1) Η οριακή τιμή έκθεσης

Είναι η ανώτατη τιμή συγκέντρωσης ή έντασης ενός παράγοντα στο τόπο εργασίας , πάνω από την οποία δεν επιτρέπεται να εκτίθενται οι εργαζόμενοι .

2) Η οριακή τιμή βιολογικού δείκτη

Είναι η ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωση ενός παράγοντα , στην οποία ο εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί χωρίς κίνδυνο για την υγεία του ή την εν γένει καλή κατάστασή του , όπως προσδιορίζεται στους ιστούς και τα σωματικά υγρά ή στην εκπνοή του .

Ο εργοδότης πρέπει να γνωρίσει όλους τους παράγοντες οι οποίοι είναι δυνατόν να αποβούν επιβλαβείς για την υγεία των εργαζομένων να υπάρχει ένας έλεγχος του εργασιακού περιβάλλοντος όσον αφορά τα όρια των ασφαλών συγκεντρώσεων , πρέπει να ζητά από το παρασκευαστή , εισαγωγέα ή προμηθευτή όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για τη φύση των χρησιμοποιούμενων παραγόντων (χημικές ουσίες , είδος μηχανημάτων κ.α.) τον ασφαλή τρόπο χρήσης τους , καθώς και στοιχεία σχετικά με το πόσο επιβλαβείς μπορεί να αποδειχθούν αυτοί για την υγεία των εργαζομένων .

Ο προμηθευτής έχει υποχρέωση να παρέχει ορισμένες πληροφορίες προερχόμενες από βιομηχανική εμπειρία και πειραματικές μελέτες ή συνδυασμό των παραπάνω , οι οποίες θα αποτελούν καθοριστικά δεδομένα για την προστασία των εργαζομένων από τις ανθυγιεινές συνθήκες .

Συγκεκριμένα πρέπει :

1) Να βεβαιώνεται ότι οι παράγοντες που χρησιμοποιούνται είναι ασφαλείς και δε δημιουργούν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις , εφόσον βέβαια χρησιμοποιηθούν για τη συγκεκριμένη εργασία και με ενδεδειγμένο τρόπο χρήσης .

2) Να υπάρχει γραπτή πληροφόρηση σχετικά με τη φύση των χρησιμοποιούμενων παραγόντων , τη βλάβη στην υγεία που μπορεί να προκαλέσει η μακροχρόνια έκθεση σε αυτούς καθώς και υποδείξεις ασφαλούς και συνετής χρήσης .

β) Τεχνικά μέτρα προστασίας της υγείας των εργαζομένων .

Εκτός των παραπάνω επιβάλλεται ομάδες μελέτης να συμβάλλουν στην επιστημονική ανάλυση των επιπτώσεων των χρησιμοποιούμενων παραγόντων , με συγκέντρωση και επεξεργασία των δεδομένων της διεθνούς εμπειρίας .

Να συνταχθούν ειδικές μελέτες με συνεργασία όλων των επιστημονικών και τεχνικών κλάδων , για τη διευκρίνιση και προώθηση των θεμάτων καθώς και για τη βελτίωση και εφαρμογή των προτάσεων που θα προκύπτουν .

Ειδικότερα πρέπει να προφυλάσσεται το εργασιακό περιβάλλον , από τους επιβλαβείς χημικούς παράγοντες με συνεχή έλεγχο και ανάλυση που θα έχουν σαν βάση τα καθιερωμένα πρότυπα υγιεινής .

Αφού καθοριστούν ποιοι είναι επιβλαβείς παράγοντες στο εργασιακό περιβάλλον , ο εργοδότης έχει την υποχρέωση να ρυθμίζει τις συνθήκες εργασίας έτσι ώστε όλοι οι εργαζόμενοι να μπορούν να εκτεθούν σε αυτές επανειλημμένα και καθημερινά χωρίς βλαβερά αποτελέσματα .

Είναι δε αναγκαία η τήρηση των καθορισμένων " Οριακών Τιμών Έκθεσης " προς πλήρη αποτροπή ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων σε βάρος των εργαζομένων . Πρέπει λοιπόν να λαμβάνονται διάφορα μέτρα πριν και κατά τη διάρκεια της εργασίας , έτσι ώστε να βοηθηθεί ο εργαζόμενος να αντεπεξέλθει στις ειδικές συνθήκες του περιβάλλοντος χώρου και να προσαρμοσθεί πλήρως σε αυτές .

Συγκεκριμένα:

1) Εφόσον υπάρχει έστω και υποψία ότι ένας παράγοντας που χρησιμοποιείται είναι επικίνδυνος για την υγεία των εργαζομένων , που έρχονται σε επαφή με αυτόν τότε αποτελεσματικότερος τρόπος για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου είναι η αντικατάσταση αυτού του τοξικού παράγοντα με κάποιο άλλο λιγότερο ή καθόλου τοξικό .

2) Φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας που είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες να αντικαθίστανται με άλλες που θα εξαλείφουν ή θα περιορίζουν το κίνδυνο . Ο περιορισμός θα συνίσταται στην ελαχιστοποίηση των βλαβερών παραγόντων κατά τέτοιο τρόπο , ώστε οι προκαλούμενες συγκεντρώσεις να βρίσκονται σε επίπεδα χαμηλότερα του οριακού .

3) Να διαχωρίζονται από το σύνολο της επεξεργασίας φάσεις εξαιρετικά επικίνδυνες .

Έτσι θα επιτυγχάνεται ο περιορισμός της έκθεσης σε κίνδυνο , μόνο σε μικρό και διαχωρισμένο από τους υπολοίπους αριθμό εργαζομένων και η πολύ ευκολότερη και αποτελεσματικότερη προστασία τους από το κίνδυνο αυτό .

4) Όταν δεν είναι δυνατόν να απομονωθεί η επικίνδυνη βιομηχανική επεξεργασία και η έκθεση των εργαζομένων σε επιβλαβείς παράγοντες τότε πρέπει να παρέχονται σε αυτούς ατομικά μέσα προστασίας όπως προστατευτικά ενδύματα , αναπνευστικές συσκευές και μάσκες , γάντια , κράνη , ρούχα προστατευτικά για το σώμα , ατομικά μέτρα υγιεινής (ατομική καθαριότητα , συχνή αλλαγή ρούχων δουλειάς) , προστατευτικές ουσίες (αλοιφές μη ερεθιστικές και αδιαπέραστες από τις ουσίες κατά των οποίων χρησιμοποιούνται κ.α.) .

Ο εργοδότης πρέπει έκτος των άλλων να λαμβάνει ορισμένα επιπρόσθετα μέτρα για τη βελτίωση των συνθηκών του χώρου εργασίας .

Συγκεκριμένα πρέπει :

1) Να πιστοποιεί και να καταγράφει τις συνθήκες εργασίας , να λαμβάνει μέτρα τεχνολογικά (π.χ. μεταβολές σε χώρους εργασίας και μηχανήματα) , για την ελάττωση των μη παραδεκτών τιμών ρύπανσης στον εργασιακό χώρο , να διενεργεί τακτική δειγματοληψία και μέτρηση των επικίνδυνων ουσιών και να καταγράφει τα αποτελέσματα προς αξιολόγηση .

Ωφέλιμη είναι και η τυποποίηση και η συστηματοποίηση των μεθόδων δειγματοληψίας , έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται κατά το δυνατόν οι πλέον κατάλληλες μέθοδοι για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων .

Να εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα περιοδικής ιατρικής παρακολούθησης τα αποτελέσματα της οποίας , μαζί με αυτά του προηγούμενου ελέγχου , να υποβληθούν στη λήψη των αναγκαίων μέτρων .

2) Να προσδιορίζει την ποιότητα των οργάνων που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της προηγούμενης παραγράφου ώστε να ανταποκρίνεται προς τις διατάξεις του νόμου .

3) Οι καθοριζόμενες κάθε φορά οριακές τιμές , να καθοδηγούν τη προσπάθεια ελέγχου του εργασιακού περιβάλλοντος και να λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα ώστε όλες οι προσδιοριζόμενες ουσίες να μην υπερβαίνουν το μέγιστο επιτρεπτό όριο , με βάση τους πίνακες οριακών τιμών και τα πρόσφατα δεδομένα διεθνούς βιβλιογραφίας.

4) Να ενημερώνονται οι εργαζόμενοι πάνω στους κινδύνους οι οποίοι τους απειλούν από την έκθεση σε διάφορους παράγοντες με την έκδοση κατατοπιστικών φυλλαδίων , την ύπαρξη προειδοποιητικών σημάτων ή ακόμα και συστημάτων συναγερμού.

5) Να γίνεται συνεχής παρακολούθηση του εργασιακού περιβάλλοντος με δειγματοληψίες και μετρήσεις των επικίνδυνων ουσιών και η καταγραφή των αποτελεσμάτων σε ειδικό αρχείο .

γ) Ιατρικές εξετάσεις .

Μια βασική υποχρέωση του εργοδότη είναι η εφαρμογή ενός πλέγματος ιατρικών εξετάσεων για τον έλεγχο της υγείας των εργαζομένων .

Πιο συγκεκριμένα πρέπει να υπάρχει :

1) Μια υποχρεωτική εξέταση πριν από την πρόσληψη κάθε εργαζομένου σε μια εργασία .

Με την εξέταση αυτή διαπιστώνεται αν ο εργαζόμενος είναι κατάλληλος ή όχι για μια συγκεκριμένη εργασία .

Θα αναζητηθούν ενδεχόμενα προβλήματα και στη συνέχεια θα επιδιωχθεί η διόρθωσή τους , για την καλύτερη προσαρμογή του στο νέο περιβάλλον εργασίας ή αν αυτό δεν γίνεται θα καταβληθεί προσπάθεια για να προσαρμοστεί το περιβάλλον στις ανάγκες του εργαζόμενου .

2) Μια περιοδική εξέταση του εργαζομένου μετά τη πρόσληψή του .

Μετά την εξέταση αυτή θα παρακολουθείται και θα ελέγχεται κατά πόσο επιδρά το εργασιακό περιβάλλον πάνω στον εργαζόμενο .

Έτσι θα γίνεται ένας έμμεσος έλεγχος του περιβάλλοντος και ο καθορισμός των μεγίστων επιτρεπομένων ορίων έκθεσης του εργαζόμενου στις συνθήκες αυτού με βάση τις αιματολογικές μεταβολές ή την μεταβολή μιας τοξικής ουσίας στα βιολογικά υγρά του εργαζόμενου .

3) Εξέταση του εργαζομένου μετά από αλλαγή θέσης εργασίας .

Η εξέταση αυτή θα έχει σαν σκοπό να διαπιστωθεί αν η αλλαγή προκάλεσε βλάβη στην υγεία του εργαζομένου , έτσι ώστε να υπάρξει φροντίδα για τη διόρθωσή της , με σκοπό να αντεπεξέλθει αυτός όσο γίνεται καλύτερα στις απαιτήσεις των νέων συνθηκών απασχόλησής του.

Ο εργοδότης πρέπει να φροντίζει για την ενημέρωση

1) Ατομικού φακέλου υγείας για κάθε εργαζόμενο , που θα είναι πάντα στη διάθεση τόσο των οργάνων της επιθεώρησης εργασίας όσο και του ιδίου του ενδιαφερόμενου .

2) Ειδικού βιβλίου καταχώρησης των αποτελεσμάτων των εξετάσεων και διατήρησης στοιχείων υγείας για κάθε εργαζόμενο που θα βασίζεται στις περιοδικές ιατρικές εξετάσεις η συχνότητα των οποίων θα εξαρτάται από το είδος του ρυπαντή .

Κανείς εργαζόμενος δε πρέπει να απασχολείται σε εργασία που εγκυμονεί κίνδυνο για την υγεία του .

Σε περίπτωση που αμφισβητεί τα ιατρικά πορίσματα μπορεί να καταφύγει στην επιθεώρηση εργασίας για συγκεκριμένο έλεγχο του εργασιακού περιβάλλοντος .

Στη συνέχεια, η ειδική Ε.Υ.Α.Ε. μπορεί να επιβάλει εξέταση της υγείας των εργαζομένων στη συγκεκριμένη επιχείρηση για τη λήψη άμεσων μέτρων προστασίας .

δ) Ενημέρωση και πληροφόρηση των εργαζομένων .

Ο καλύτερος τρόπος για την εξασφάλιση υγιεινών συνθηκών εργασίας είναι η ενημέρωση και η δραστηριοποίηση των άμεσα ενδιαφερομένων , δηλαδή των εργαζομένων .

Οι αντιπρόσωποι των εργαζομένων για την υγιεινή και ασφάλεια ή η Επιτροπή Υγιεινής και Ασφάλειας πρέπει να πληροφορούνται και να ενημερώνονται πάνω σε ότι έχει σχέση με το εργασιακό περιβάλλον στο οποίο κινούνται , ώστε να υπάρχει πληρέστερη και σωστότερη αντιμετώπιση των παρουσιαζόμενων προβλημάτων .

Συγκεκριμένα επιβάλλεται :

1) Να πληροφορούνται οι εργαζόμενοι οι οποίοι χειρίζονται , διακινούν και γενικότερα έρχονται σε επαφή με επικίνδυνους παράγοντες τους κινδύνους που εγκυμονούν και τις ενδεχόμενες βλάβες της υγείας τους , η εκδήλωση των οποίων επιδρά εξελιπτικά στον οργανισμό .

Πρέπει να τους γνωστοποιούνται οι οριακές τιμές έκθεσης καθώς και όλα τα τεχνικά μέτρα που έχουν ληφθεί προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο βαθμός ρύπανσης και τα ζημιογόνα αποτελέσματα για την υγεία τους .

2) Να ενημερώνονται οι εργαζόμενοι σχετικά με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών και βιολογικών εξετάσεων , τα οποία αφορούν το βαθμό έκθεσης καθώς και το βαθμό απόκρισης κάθε ενός στους παράγοντες οι υπάρχουν στο χώρο εργασίας .

3) Να υπάρχει πληροφόρηση για, τυχαίες υπερβάσεις των οριακών τιμών έκθεσης καθώς και για τα μέτρα που ελήφθησαν προκειμένου να επανέλθει το εργασιακό περιβάλλον στα ασφαλή όρια .

4) Να ενημερώνονται οι εργαζόμενοι για τους κινδύνους στους οποίους είναι εκτεθειμένοι και να γίνεται πρακτική επιμόρφωση αυτών πάνω σε ζητήματα ασφαλείας .

Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα και τη ρύθμιση ορισμένων περιπτώσεων κατά τις οποίες παραβιάζονται οι σχετικοί κανονισμοί .

Οι εργαζόμενοι πρέπει να πληροφορούνται τα αποτελέσματα των ατομικών και γενικών εξετάσεων , ώστε να γνωρίζουν το ποσοστό επιδεκτικότητας τους στο εργασιακό περιβάλλον καθώς και τη λαμβανόμενη προστασία από τα υπάρχοντα όρια συγκεντρώσεων .

6.6. Σύντομες οδηγίες προστασίας και ασφάλειας στην εργασία

Στο κεφάλαιο αυτό κρίναμε καλό να αναφέρουμε ορισμένες χρήσιμες οδηγίες που αποσκοπούν στην ασφαλή διεκπεραίωση του ωραρίου σε μια βιομηχανική μονάδα της μορφής που εμείς ασχοληθήκαμε .

Έτσι λοιπόν αναφέρουμε γενικές οδηγίες πρόληψης ατυχημάτων σε εργοστάσια οδηγίες για την εργασία σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις , οδηγίες για τη φροντίδα των ηλεκτρικών εργαλείων , οδηγίες για τη χρήση μικρών ηλεκτροκίνητων οχημάτων , οδηγίες για τις εργασίες εναποθήκευσης και στοιβάσης , οδηγίες για την εργασία με διαλύτες , οδηγίες για την εργασία σε χώρους βερνίκωσης και τέλος οδηγίες για την εργασία σε τυπογραφεία.

Όλες οι αναφορές που κάνουμε σε κανόνες ασφαλείας αφορούν εργασίες που πραγματοποιούνται σε μια βιομηχανική μονάδα κατασκευής πλαστικών συσκευασίας. Έτσι λοιπόν θα πρέπει:

α) Για τη πρόληψη ατυχημάτων σε εργοστάσια πρέπει :

- 1) να τηρούνται πάντοτε οι σκάλες και οι διάδρομοι καθαρά και ελεύθερα από εμπορεύματα ή άλλα αντικείμενα.
- 2) να καλύπτονται με στερεούς προφυλακτήρες όλα τα στοιχεία μετάδοσης κίνησης ή τα ελεύθερα κινούμενα εξαρτήματα (τροχαλίες , ιμάντες κ.τ.λ.) των διαφόρων μηχανημάτων που βρίσκονται κοντά σε θέσεις εργασίας ή κυκλοφορίας των εργαζομένων.
- 3) να σταματήσετε τη λειτουργία των μηχανημάτων όταν πρόκειται να γίνει καθαρισμός ή επισκευή .
- 4) απαγορεύεται σε πρόσωπα κάτω των 18 η εκτέλεση εργασιών με κοφτερά εργαλεία που κινούνται με μηχανική δύναμη .
- 5) να εφαρμόζονται σχολαστικά όλα τα μέτρα ατομικής και δημόσιας υγιεινής .

β) Για την εργασία σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει να ακολουθείται με την παρακάτω σειρά οι οδηγίες:

- 1) απομονώστε το ηλεκτρικό ρεύμα .
- 2) ασφαλίστε το διακόπτη από τυχαία επαναφορά στη θέση λειτουργίας .
- 3) Εξακριβώστε ότι δεν υπάρχει ρεύμα .
- 4) Γειώστε και βραχυκυκλώστε .
- 5) Επικαλύψτε ή φράξτε γειτονικά τμήματα που βρίσκονται υπό τάση .

γ) Οι οδηγίες για τη φροντίδα των ηλεκτρικών εργαλείων είναι οι ακόλουθες

- 1) οι επισκευές των ηλεκτρικών εργαλείων να γίνονται μόνο από αδειούχο ηλεκτρολόγο .
- 2) μη χρησιμοποιείται την ηλεκτρική συσκευή ή το εργαλείο όταν τα καλώδια είναι τραυματισμένα , οι ρευματολήπτες (φισ) κατεστραμμένοι ή ελαττωματικοί , το εξωτερικό κέλυφος χαλαρό ή χτυπημένο . Δώστε το αμέσως για επιδιόρθωση .
- 3) δίνεται τις ηλεκτρικές συσκευές και εργαλεία συχνά για έλεγχο .
- 4) μη χρησιμοποιείται για τη τροφοδότηση της συσκευής πολύ μακριά καλώδια. Σε αντίθετη περίπτωση προστατεύετέ τα από μηχανικούς τραυματισμούς (χτυπήματα , τσακίσματα) .
- 5) φροντίζεται ώστε κάθε ηλεκτρικό εργαλείο , όταν δε τροφοδοτείται με χαμηλή τάση , να διαθέτει ελεγμένη και επαρκή γείωση .

δ) Οδηγίες για τη χρήση μικρών ηλεκτροκίνητων οχημάτων

- 1) ο οδηγός πρέπει να είναι πάνω από 18 ετών ειδικά εκπαιδευμένος και να έχει ειδική εντολή για αυτή την εργασία .
- 2) μην υπερβαίνεται το ανώτατο όριο ταχύτητας που καθορίζει η επιχείρηση .
- 3) μην υπερφορτώνεται το όχημα .
Ασφαλίσετε το φορτίο από ανατροπή ή μετατόπιση .
- 4) τα πόδια και τα χέρια δε πρέπει να προεξέχουν από το όχημα κατά τη διάρκεια της διαδρομής .
- 5) ο μόνιμος συνοδηγός αν υπάρχει να χρησιμοποιεί μόνο το δικό του ξεχωριστό κάθισμα.
- 6) αφαιρείτε πάντα το κλειδί λειτουργίας κατά την απομάκρυνσή σας από το όχημα
- 7) για τη κίνηση ανυψωτικών οχημάτων πάνω των 20ΗΡ απαιτείται αδειούχος μηχανοδηγός χειριστής .

ε) Οδηγίες για τις εργασίες εναποθήκευσης και στοίβασης

- 1) φοράτε τα κατάλληλα γάντια εργασίας , παπούτσια ασφαλείας και το προστατευτικό σας κράνος .
- 2) μη μεταφέρετε μεγάλα βάρη με τα χέρια.
- 3) μετακινείτε τις παλέτες με τα μεγάλα δοχεία μόνο με μεταφορικά οχήματα ή ανυψωτικά μηχανήματα .
- 4) μη γεμίζεται τελείως τα δοχεία .
- 5) στοιβάξεται σάκους , κιβώτια και άλλα υλικά ξεχωριστά και με τάξη . Το ύψος της στοιβάδας να μην είναι υπερβολικό .
- 6) εξασφαλίστε τα στοιβαχθέντα αντικείμενα από ανατροπή .
- 7) τηρείτε ελεύθερους τους διαδρόμους κίνησης .

στ) Οδηγίες για την εργασία με διαλύτες

- 1) έχετε κλειστό το δοχείο που περιέχει το διαλυτικό μέσο .
- 2) αναγράφετε στο δοχείο το περιεχόμενό του και τις σχετικές οδηγίες χρήσης .
- 3) μη διατηρείτε ποτέ διαλύτες μέσα σε μπουκάλια ποτών .
- 4) χρησιμοποιείτε τους διαλύτες αφού βάλετε σε λειτουργία το σύστημα εξαερισμού , αλλιώς χρησιμοποιείτε αναπνευστική προσωπίδα .
- 5) μην αναπνέετε ατμούς διαλυτών .
- 6) χρησιμοποιείτε μέσα προστασίας της επιδερμίδας .
- 7) μη πλησιάζετε διαλύτες με ακάλυπτη φωτιά ή ακάλυπτα φωτιστικά μέσα .
- 8) μη καπνίζετε , μη διατηρείτε τρόφιμα , ποτά , τσιγάρα κ.τ.λ. κοντά σε διαλύτες .

ζ) Οδηγίες για την εργασία σε χώρους βερνίκωσης

- 1) μη χρησιμοποιείτε ακάλυπτη φωτιά ή ακάλυπτα φωτιστικά μέσα . Μη καπνίζετε .
- 2) διατηρείτε τους διαδρόμους κυκλοφορίας και διαφυγής πάντα ελεύθερους .
- 3) Συντηρείτε και μην απομακρύνετε τα μέσα καταπολέμησης της πυρκαγιάς .
- 4) μη τρώτε και μη πίνετε στο χώρο βερνίκωσης .Μη διατηρείτε φαγώσιμα και ποτά σε αυτό το χώρο .
- 5) διατηρείτε τους χώρους βερνίκωσης , τα δάπεδα τους τοίχους , τους αποθηκευτικούς χώρους σε καθαρή κατάσταση .
- 6) έχετε στο χώρο βερνίκωσης απόθεμα βερνικιών και διαλυτών για εργασία περίπου μισής μέρας .
- 7) χρησιμοποιείτε προστατευτικά μέσα για την επιδερμίδα . Μη μεταχειρίζεστε διαλύτες για το καθαρισμό των χεριών .

8) χρησιμοποιείτε το σύστημα εξαερισμού. Μεταχειρίζεστε αν είναι αναγκαίο , ατομικές προστατευτικές προσωπίδες αναπνοής .

η) Οδηγίες για την εργασία στα τυπογραφεία

1) φοράτε φόρμα εργασίας κλειστή ως το λαιμό και στους καρπούς των χεριών .

2) χρησιμοποιείτε προστατευτικά γάντια όταν πλένετε τα στοιχεία , καθαρίζετε τα τύμπανα των πιεστηρίων , παρασκευάζετε διαλύματα επεξεργασίας των πλακών ή όταν απασχολείστε στο χυτήριο μονοτυπίας .

3) μη τρώτε μη πίνετε και μη καπνίζεται στη διάρκεια. της εργασίας . Πλένετε καλά τα χέρια σας με σαπούνι και άφθονο νερό πριν φάτε .

4) καθαρίζεται τις στοιχειοθήκες και γενικά τους χώρους εργασίας με απορροφητικό μηχάνημα .

Μη πλένετε τα στοιχεία με βενζίνη αυτοκινήτων ή βενζόλιο αλλά μόνο με ειδικούς διαλύτες .

5) απαγορεύεται η εργασία σε νέους κάτω των 16 ετών και νέες κάτω των 18 ετών στα στοιχειοθετήρια , στερεοτυπία , λινοτυπεία , χυτήρια μονοτυπίας και τσιγκογραφία .

Επίλογος

Φτάνοντας στο τέλος αυτής της εργασίας ελπίζουμε να πετύχαμε την αποστολή μας, που δεν ήταν άλλη από το να περιγράψουμε τη δημιουργία ενός από τα χιλιάδες αγαθά που χρησιμοποιούμε καθημερινά αλλά και πώς όλη η πορεία δημιουργίας του είναι απόλυτα συνδεδεμένη με τη χημεία, τη τεχνολογία υλικών, τη μηχανολογία.

Είναι αυτά τα χιλιάδες απλά αγαθά που χρησιμοποιούμε καθημερινά και μας κάνουν τη ζωή πιο εύκολη, είναι αυτά που δίνουν δουλειά σε χιλιάδες ανθρώπους, είναι αυτά που αναβαθμίζουν τη ποιότητα ζωής ενός ανθρώπου, ενός λαού, μιας χώρας.

Κλείνοντας θέλουμε να ευχαριστήσουμε την υπεύθυνη καθηγήτρια ΝΤΑΛΚΑΡΑΝΗ Θ. που μας έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθούμε με αυτό το πολύ ενδιαφέρον θέμα, καθώς και την βιομηχανία " ΦΛΕΞΟ Α.Β.Ε. " που μας παρείχε βιβλιογραφία καθώς και οποιοδήποτε άλλο στοιχείο που θα μας βοηθούσε στη περάτωση της εργασίας μας.

Βιβλιογραφία

1. Τεχνολογία Υλικών Καλκάνης Γ., Χατήρης Ι.
Αθήνα 1992
2. An introduction to plastics Elias Hans-Georg
Weinheim: VCH 1993
3. Atlas of polymer and plastics analysis Hummel Dieter O.
Munich: Hanser 1991
4. Handbook of plastics, elastomer and composites Harper Charles A.
New York: Mc Graw-Hill 1992
5. Guide to plastics: property and specification charts New York: Mc Graw-Hill 1985
6. Polymers and Ecological Problems J. E. Guillet
London: Plenum 1373
7. Plastics Waste Recovery of Economic Value J. Leidner
New York: Dekker 1991
8. Identification and analysis of plastics (2nd edition) J. Haslam, H. A. Willis,
D. C. M. Squirrel
London: I Life books 1972

