



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ IV: ΣΥΝΘΕΣΗΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ

Μάθημα:

**“ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
ΥΛΙΚΩΝ - ΡΕΟΛΟΓΙΑ”**

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΚΒΟΛΗΣ

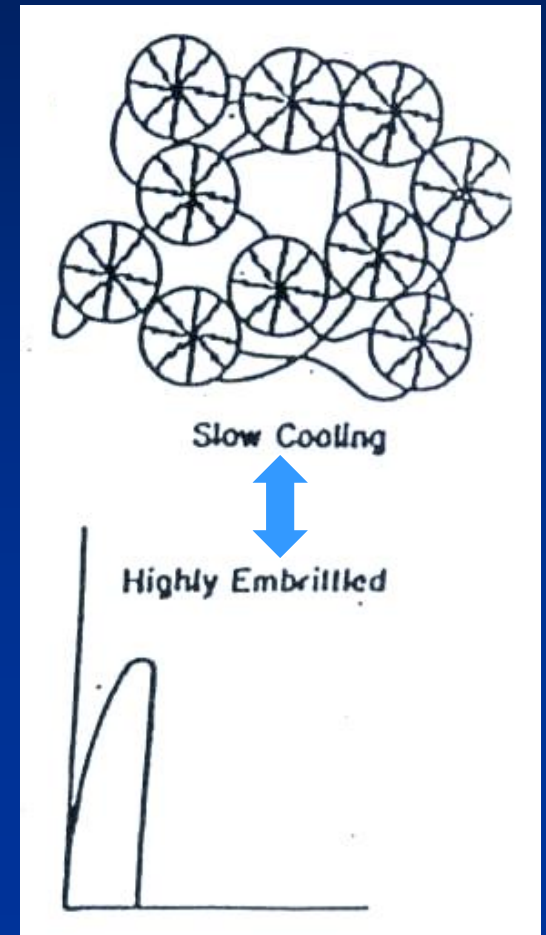
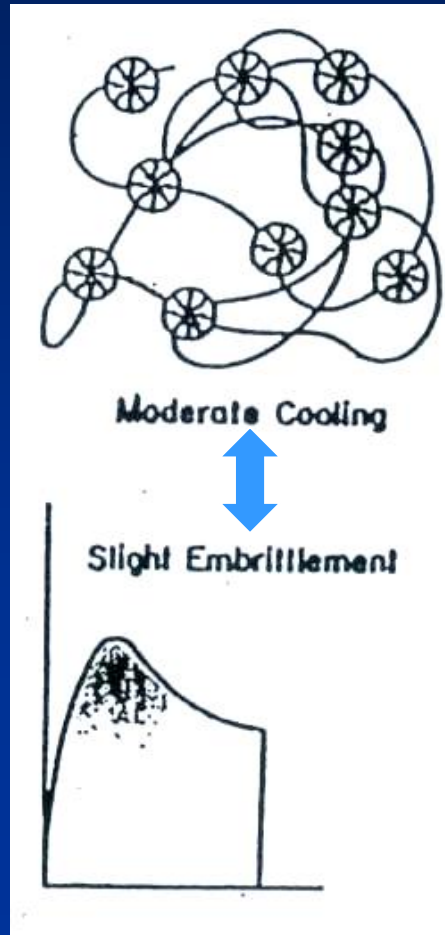
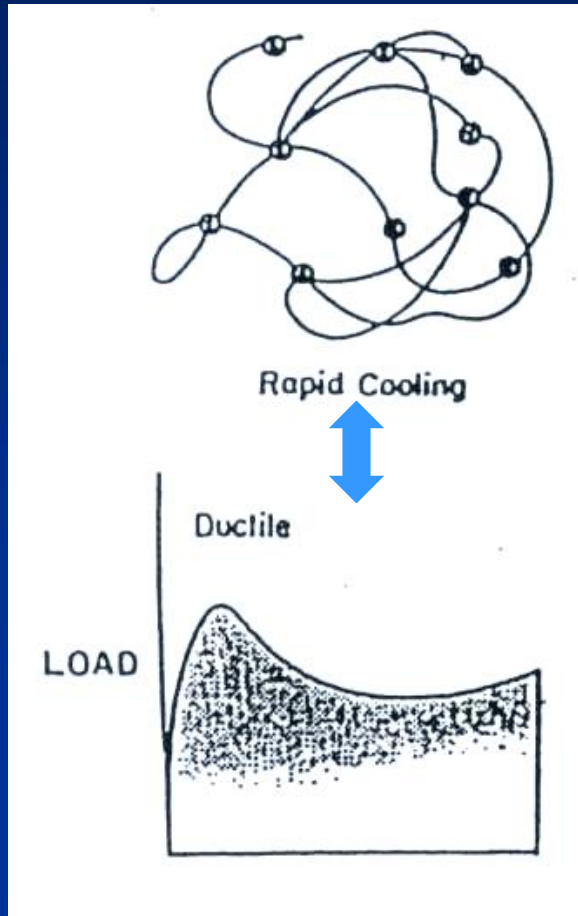
Πετρούλα Ταραντίλη

Καθηγήτρια ΕΜΠ, taran@chemeng.ntua.gr

Ακαδημαϊκό έτος 2025-2026

Ψύξη πολυμερικών τηγμάτων

1. Ψύξη με ρεύμα αέρα, Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας $h: 5-30 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
2. Υδατόλουτρο, $h: 1000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
3. Ψεκασμός νερού, $h: 1500 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
4. Κύλινδρος ψύξης



Επίδραση κρυσταλλικότητας στις ιδιότητες του πολυμερούς

Πυκνότητα 

Αντοχή σε εφελκυσμό 

Η ακαμψία 

Η διαπερατότητα 

Η αντοχή σε κρούση 

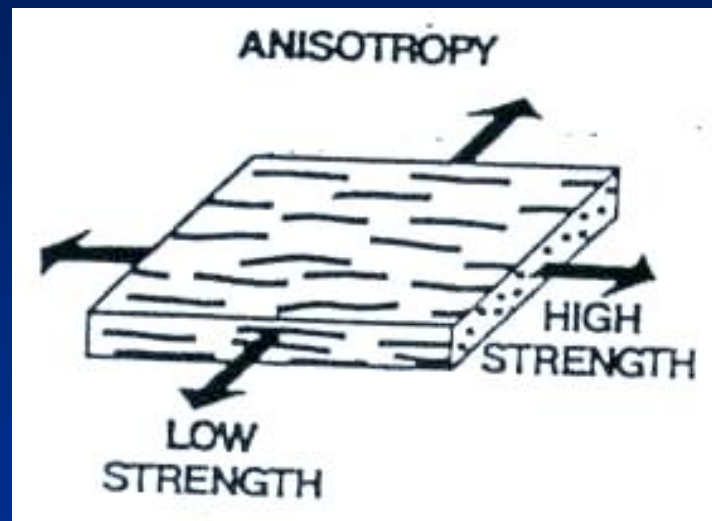
Οπτικές ιδιότητες

Τεχνικές προσανατολισμού

1. Προερχόμενος από διάτμηση
(shear induced orientation)



2. Προερχόμενος από
εφελκυστική παραμόρφωση
(Stress induced orientation)



- ❖ Στιγμαία ελαστική παραμόρφωση στις γωνίες ή δεσμούς
- ❖ Μοριακός προσανατολισμός και “ξεδίπλωμα” των αναδιπλωμένων αλυσίδων
- ❖ Μη-ανακτήσιμη ιξώδης ροή προερχόμενη από την ολίσθηση μεταξύ των αλυσίδων

Επίδραση προσανατολισμού στις ιδιότητες του πολυμερούς

Αντοχή σε εφελκυσμό 

Η ακαμψία 

Αντίσταση στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος 

Διαμήκης αντοχή σε σχισμό 

Η διαπερατότητα στα αέρια 

Εκβολή (extrusion) - **Εφαρμογές:**

1. Παραγωγή ινών
2. Επικάλυψη καλωδίων
3. Παραγωγή σωλήνων
4. Παραγωγή προφίλ
5. Παραγωγή φιλμ με εκβολή από μήτρα επίπεδη σχισμή
6. Παραγωγή με εκβολή και φύσημα

Παραγωγή ινών

Εκβολέας



Μήτρα εκβολής



Λουτρό στερεοποίησης
(ψύξη, εξάτμιση, πήξη)



Κύλινδροι τανυσμού
(προσανατολισμός)



Θερμική σταθεροποίηση
(ανόπτηση: θέρμανση υπό τάση)



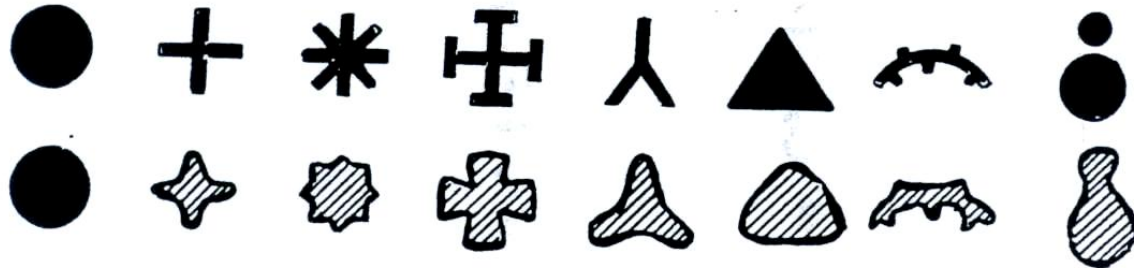
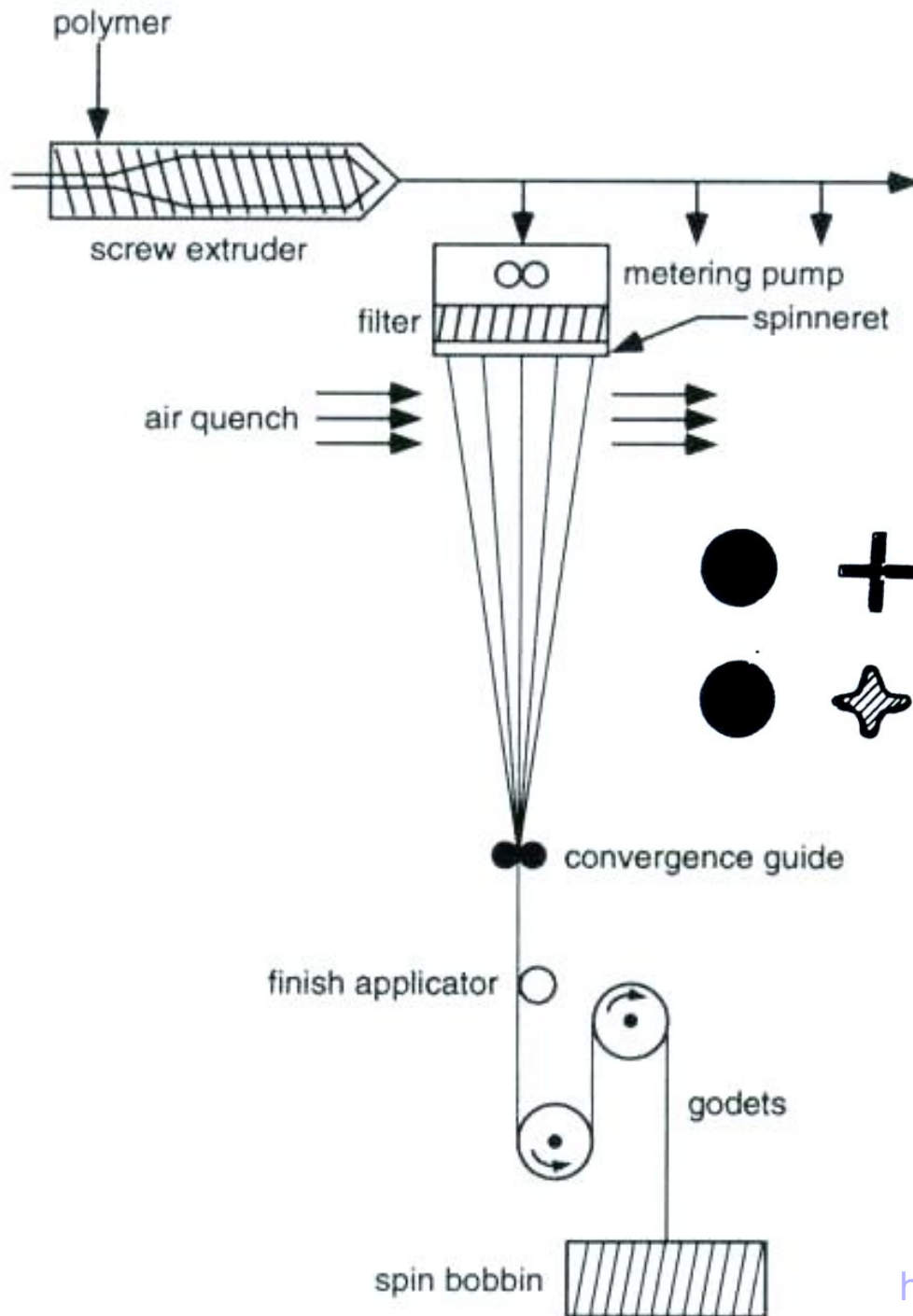
Περιτύλιξη

Ταχύτητα παραγωγής:

1. Πολύ χαμηλής ταχύτητας (30 ~ 100m/min), παραγωγή νημάτων μεγάλης σχετικά διαμέτρου
2. Χαμηλής ταχύτητας (100~750m/min)
3. Ενδιάμεσης ταχύτητας (750~3500m/min)
4. Υψηλής ταχύτητας (3500~7000m/min), κυριαρχεί η κρυστάλλωση προερχόμενη από υψηλές τάσεις

Ινοποίηση τήγματος (melt spinning)

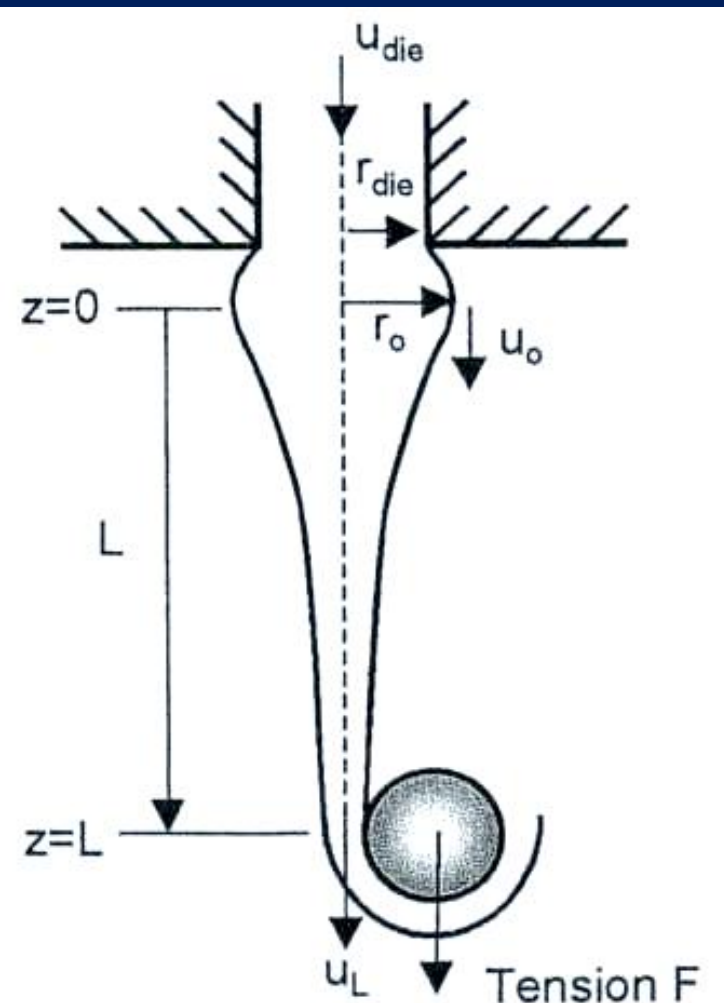
PE, PP, PET, Nylon



Ινοποίηση τήγματος (melt spinning)



Μετά την έξοδο από τη μήτρα παρατηρείται το φαινόμενο της διόγκωσης του πολυμερικού ρευστού λόγω χαλάρωσης των κάθετων τάσεων.



Λόγος τανυσμού:

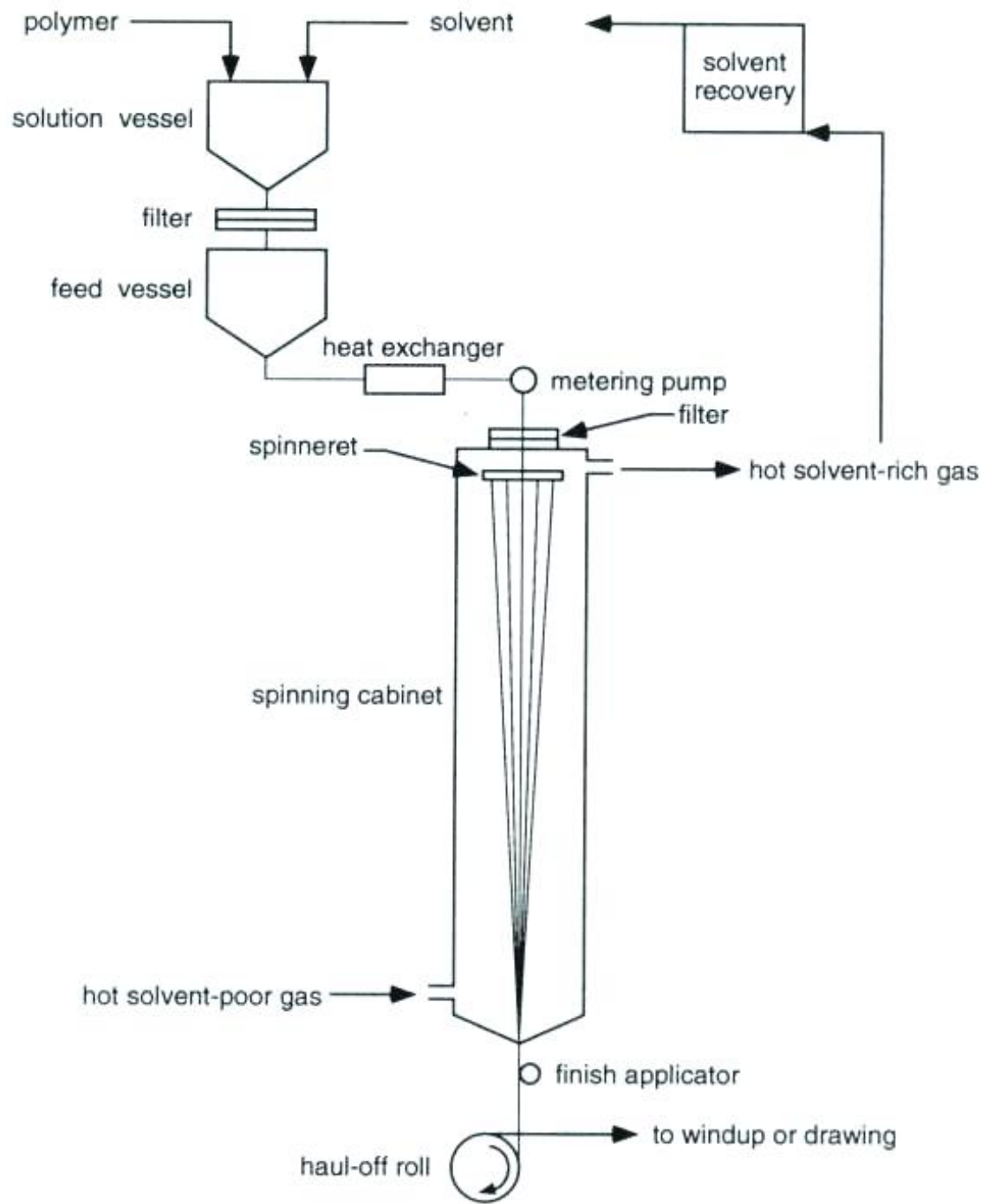
$$\mathbf{D_R} = \frac{\mathbf{u_L}}{\mathbf{u_0}}$$

u_0 : η μέση ταχύτητα εκβολής στη μήτρα
 u_L : η ταχύτητα στον κύλινδρο τανυσμού

Λόγος μείωσης ακτίνας:

$$\mathbf{R} = \frac{\mathbf{r_0}}{\mathbf{r_L}}$$

r_0 : η ακτίνα της κυλινδρικής μήτρας
 r_L : η ακτίνα της ίνας στον κύλινδρο τανυσμού



Ξηρή ινοποίηση (solution dry spinning)

Ινοποίηση οξικής
κυτταρίνης και
ακρυλικών

Υγρή ινοποίηση (wet spinning)

PVA, PVC, PAN



<https://www.youtube.com/watch?v=qV75ptBDv3k>
<https://av.tib.eu/media/47892>

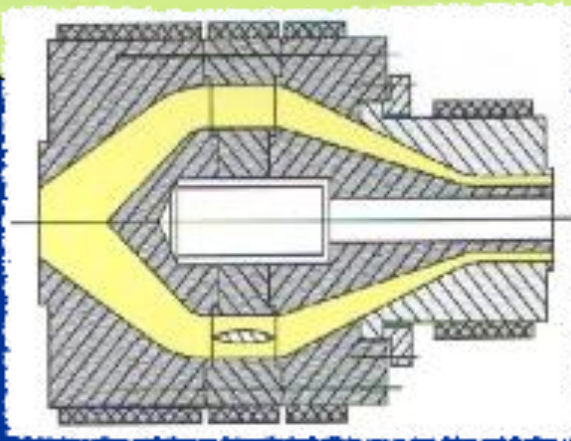
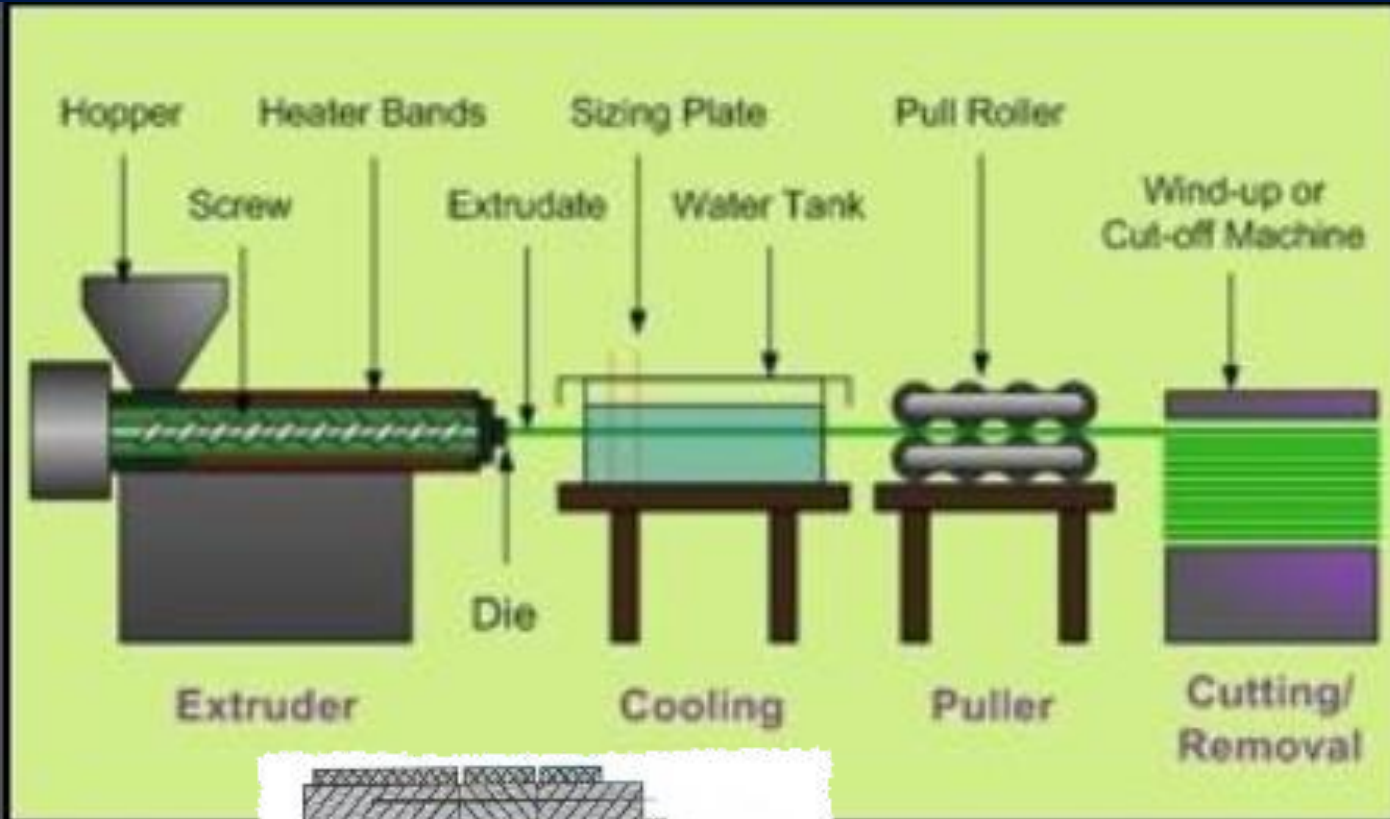
Denier: το βάρος σε γραμμάρια μήκους 9000m

dTex: το βάρος σε γραμμάρια 10000m

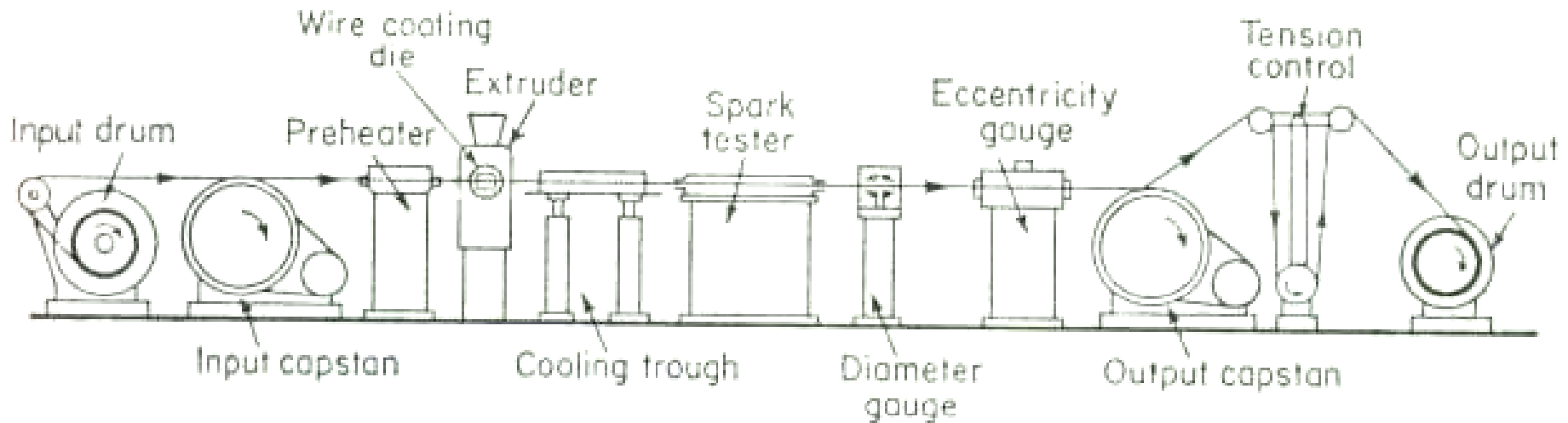
Tenacity: η αντοχή στη θραύση διαιρεμένη με dTex

Πλαστικοί σωλήνες

PVC, PP, XPE,



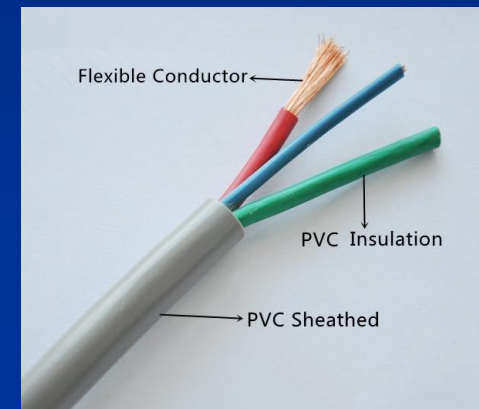
Επένδυση συρμάτων / καλωδίων



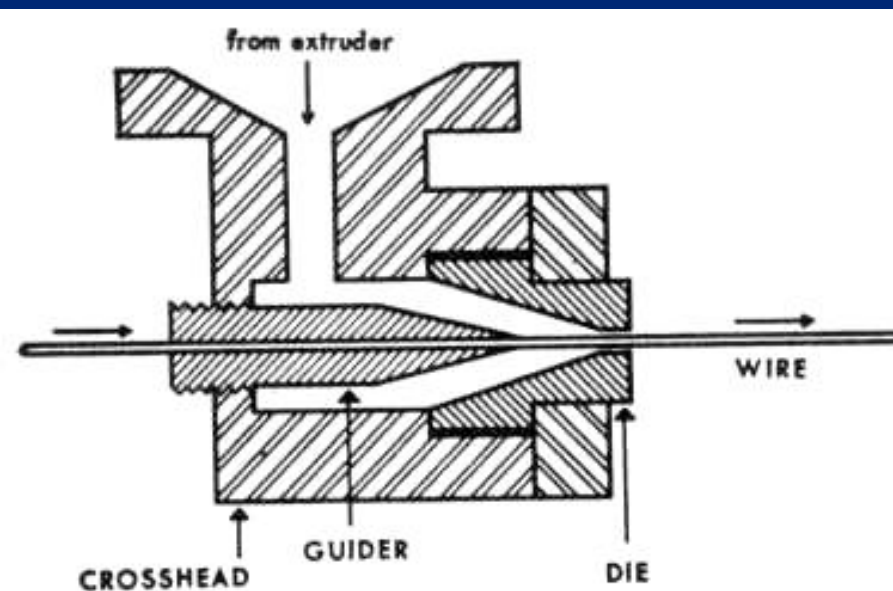
Επίστρωση: από τηλεφωνικά σύρματα 0.2mm μέχρι καλώδια διαμέτρου 13cm.

Το σύρμα προθερμαίνεται στους 120-180°C.

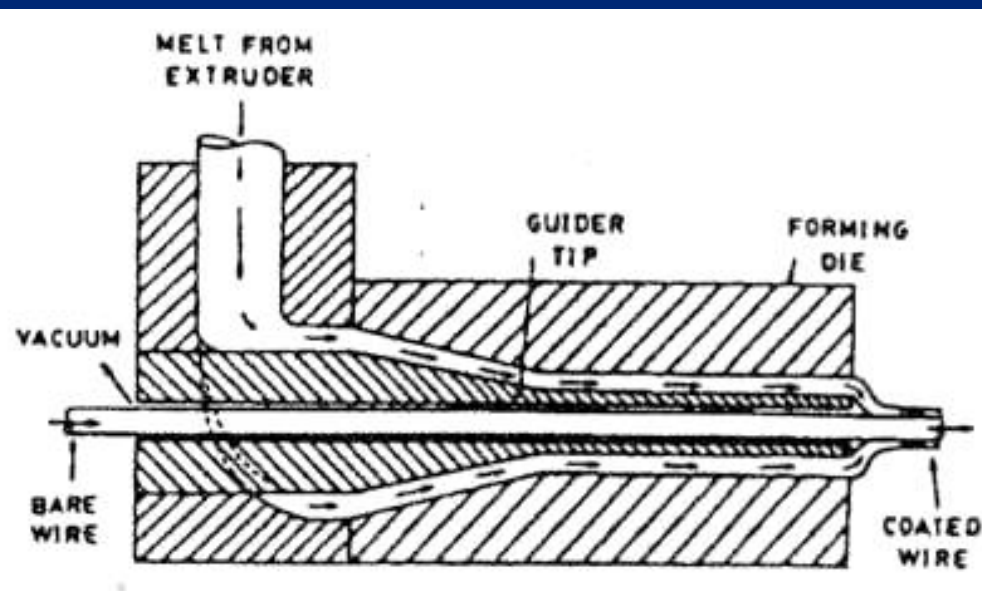
<https://www.youtube.com/watch?v=6ab66F3yimq>
<https://www.youtube.com/watch?v=SRKSKRbhLzw>



- 👉 Το προς επίστρωση σύρμα έρχεται σε επαφή με το πολυμερικό τήγμα.
- 👉 Οι μήτρες τοποθετούνται εγκάρσια με τη ροή του εκβολέα και το πολυμερές ρέει περιφερειακά σε δακτύλιο προτού έρθει σε επαφή με το σύρμα.
- 👉 Το σύρμα περνά μέσα από μικροσυσκευή που οδηγεί και επικεντρώνει το σύρμα (τορπίλη).

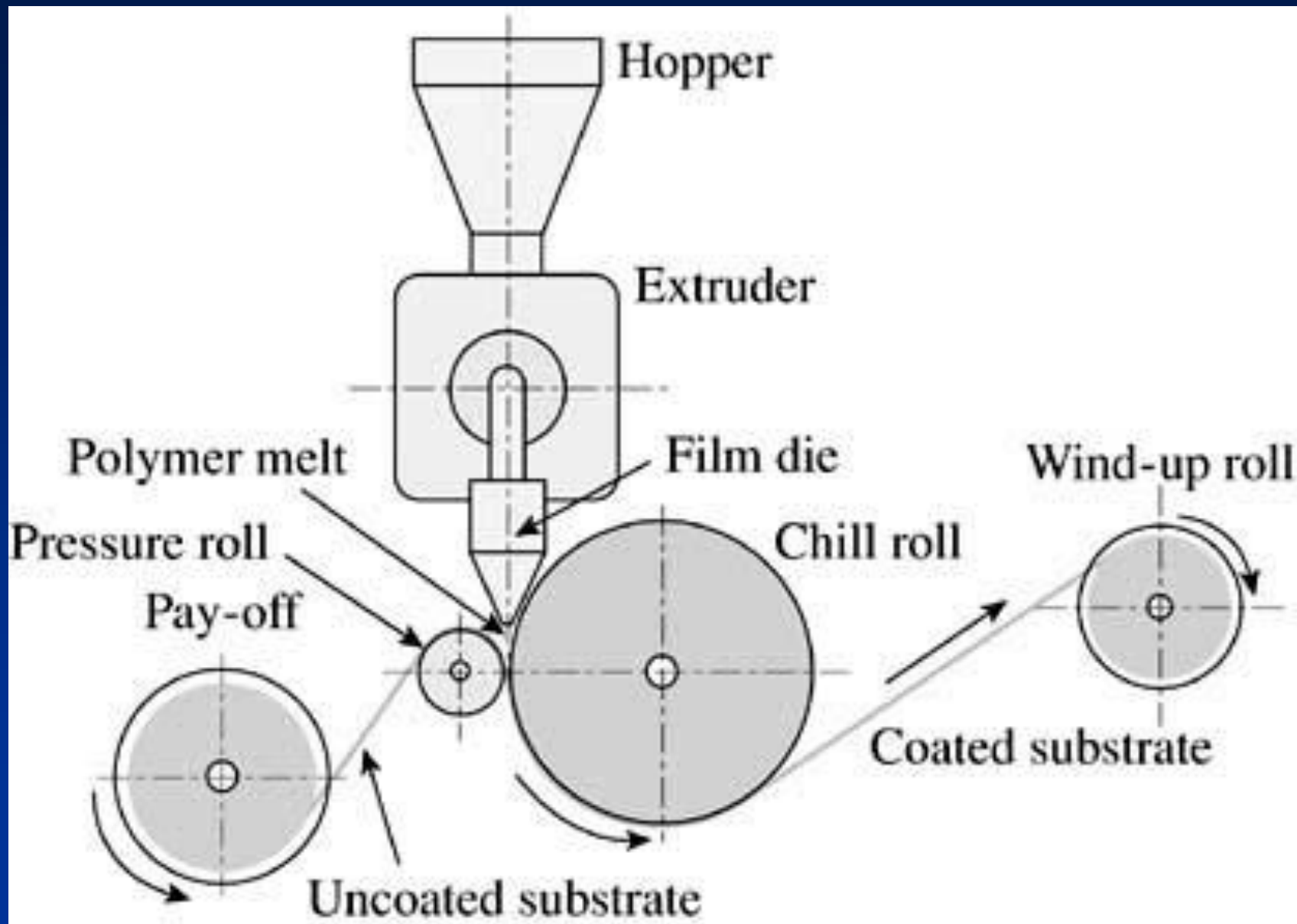


Μήτρα εκβολής με πίεση



Μήτρα εκβολής τύπου σωλήνα

Επικάλυψη φύλλων με εκβολή

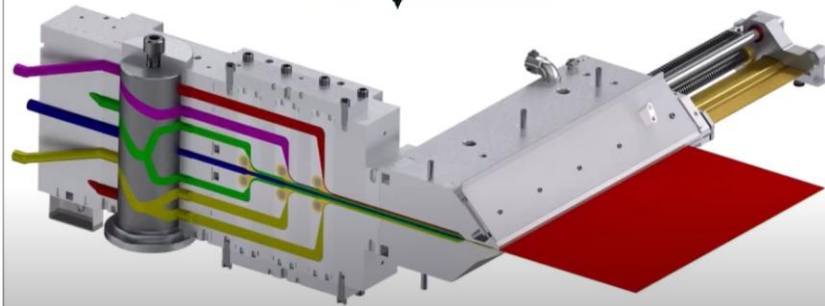
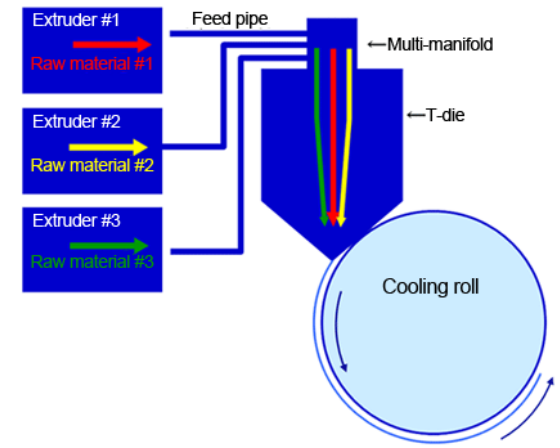
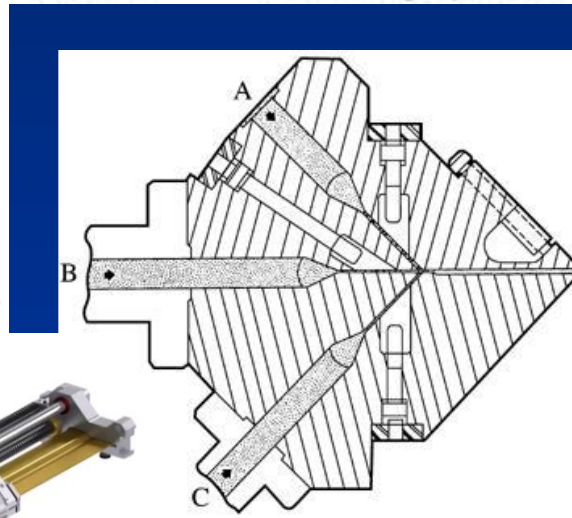
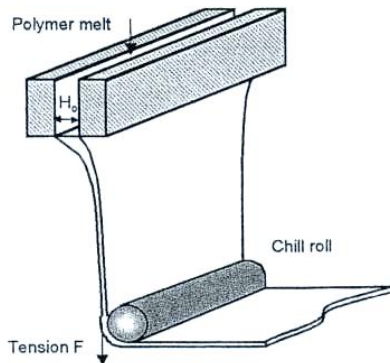
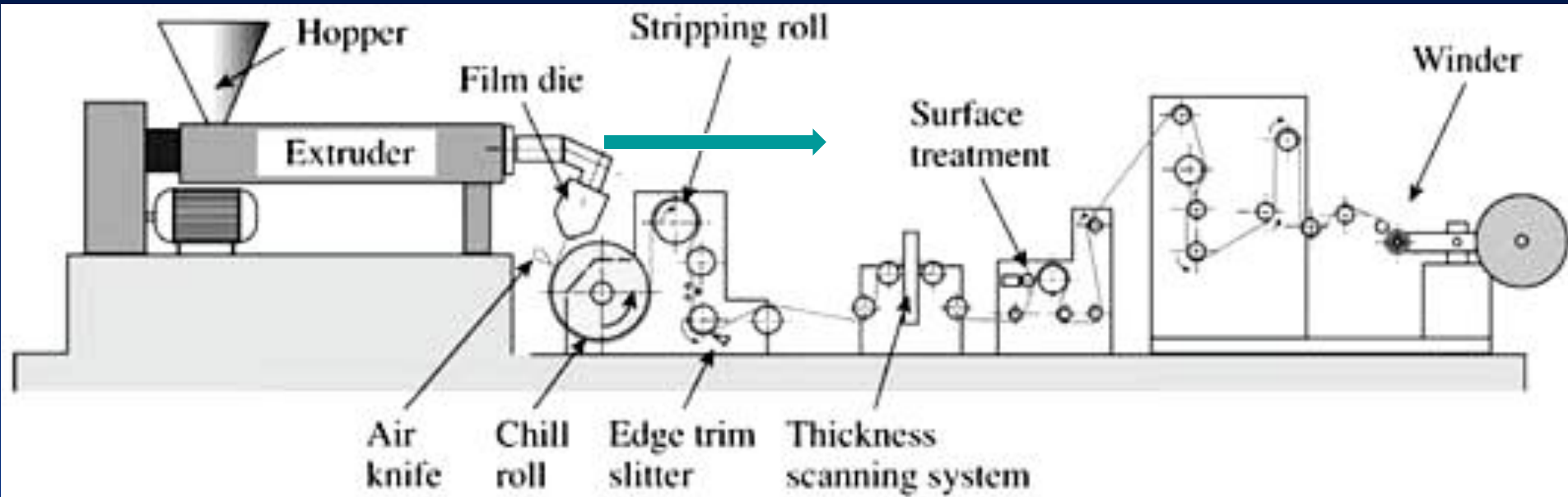


Μορφοποίηση πολυμερικών μεμβρανών (φιλμ)

- ❖ *Λεπτό φιλμ* : πάχος 10-50μm
- ❖ *Φύλλο* : πάχος 100-400μm
- ❖ *Φύλλο για θερμομόρφωση* : πάχος 200-2500μm

Παραγωγή φιλμ με εκβολή από μήτρα με επίπεδη σχισμή (cast film)

π.χ. OPP



<https://www.youtube.com/watch?v=dPRZblBNPbc>
https://www.youtube.com/watch?v=TN_2Z7v28OQ