

Polymery a plasty v praxi

POLYPROPYLEN

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

pospisil@polymer.cz

pospisil@gascontrolplast.cz

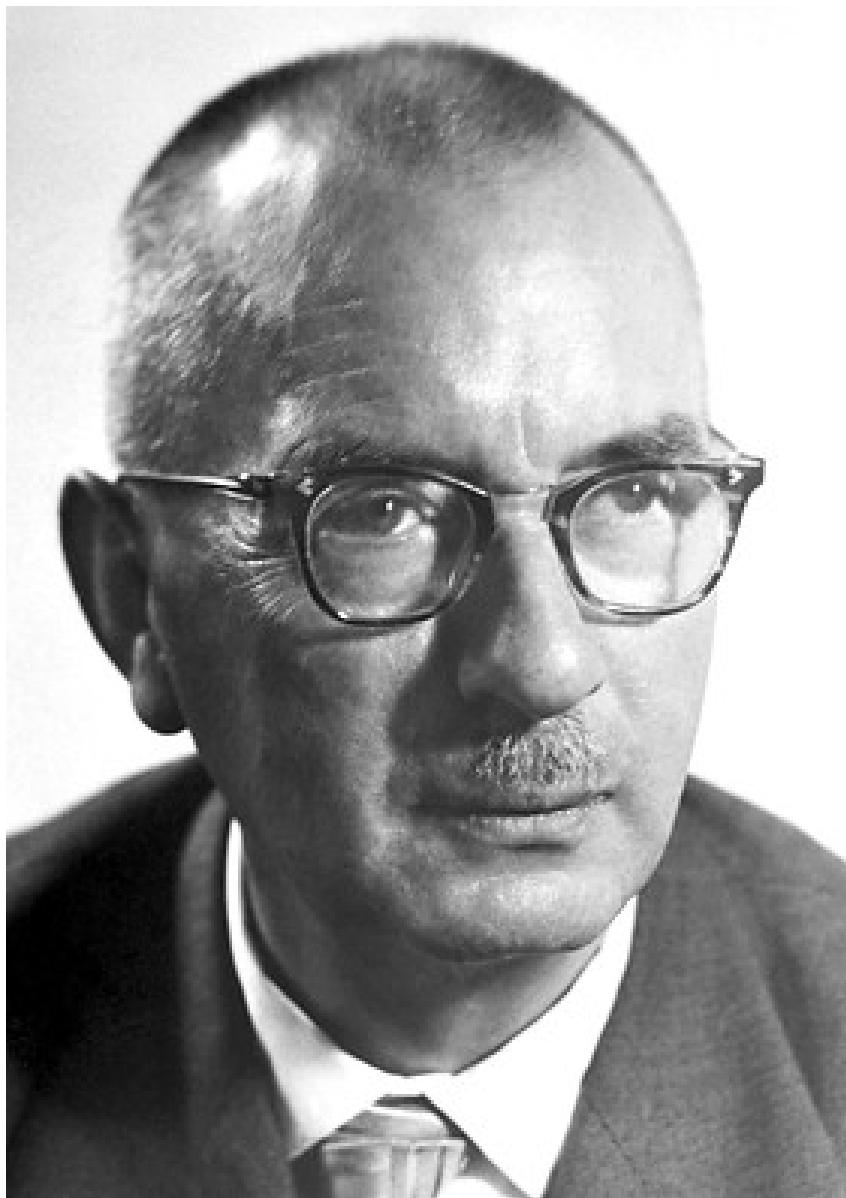
29716@mail.muni.cz

LEKCE	datum	téma
1	17.II.	Úvod do předmětu - Základy syntézy polymerů. Struktura a názvosloví polymerů
2	24.II.	Polyetylén a kopolymery etylénu
3	3.III.	Polypropylén a kopolymery propylénu
4	10.III.	Polyvinylchlorid, měkčené a neměkčené PVC
5	17.III.	Styrénové termoplasty
6	24.III.	Polyamidy
7	31.III.	Polyestery
8	7.IV.	Polyuretany
9	14.IV.	Fenolformaldehydové pryskyřice
10	21.IV.	Epoxidové pryskyřice VELIKONOCE, bude jen vloženo elektronicky
11	28.IV.	Polyesterové pryskyřice, Degradace polymerů – základní informace
12	5.V.	Silikony, Síťované elastomerní materiály
13	13.V.	KOLOKVIUM



Giulio Natta

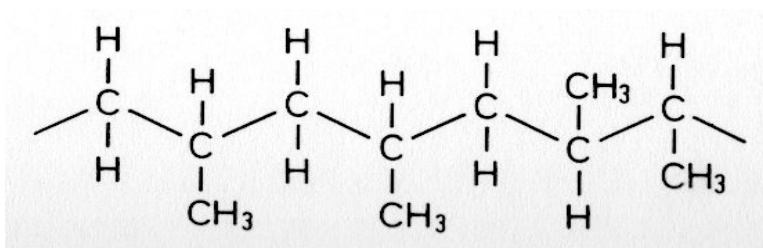
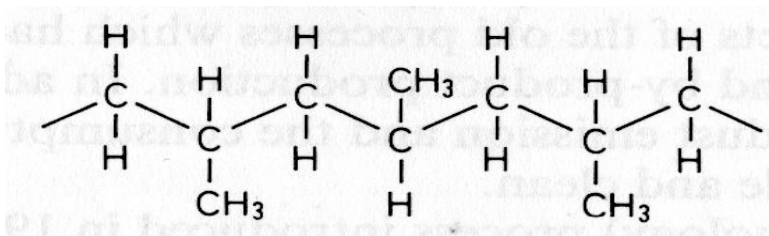
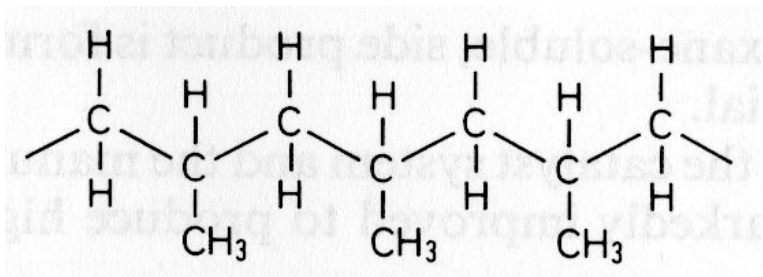
Born	26 February 1903 Imperia, Italy
Died	2 May 1979 (aged 76) Bergamo, Italy
Nationality	Italian
Fields	Organic chemistry
Alma mater	Politecnico di Milano
Known for	Ziegler-Natta catalyst
Notable awards	Nobel Prize in Chemistry (1963) Lomonosov Gold Medal (1969)



Narozen 26. listopadu 1898
Helsa poblíž Kasselu,
Německo Zemřel 12. srpna
1973 (ve věku 74 let)
Mülheim an der Ruhr,
Německo Národnost Německ
o Německo Alma
mater Univerzita v
Marburgu Pracoviště RWTH
Aachen
Institut Maxe Plancka pro
výzkum uhlí Obor organická
chemie Získaná **ocenění** Nob
elova cena za chemii (1963)

Polypropylen - materiál mnoha podob i použití 1

Struktura základního řetězce



izotaktický

syndiotaktický

Ataktický (slagově „ataktika“)

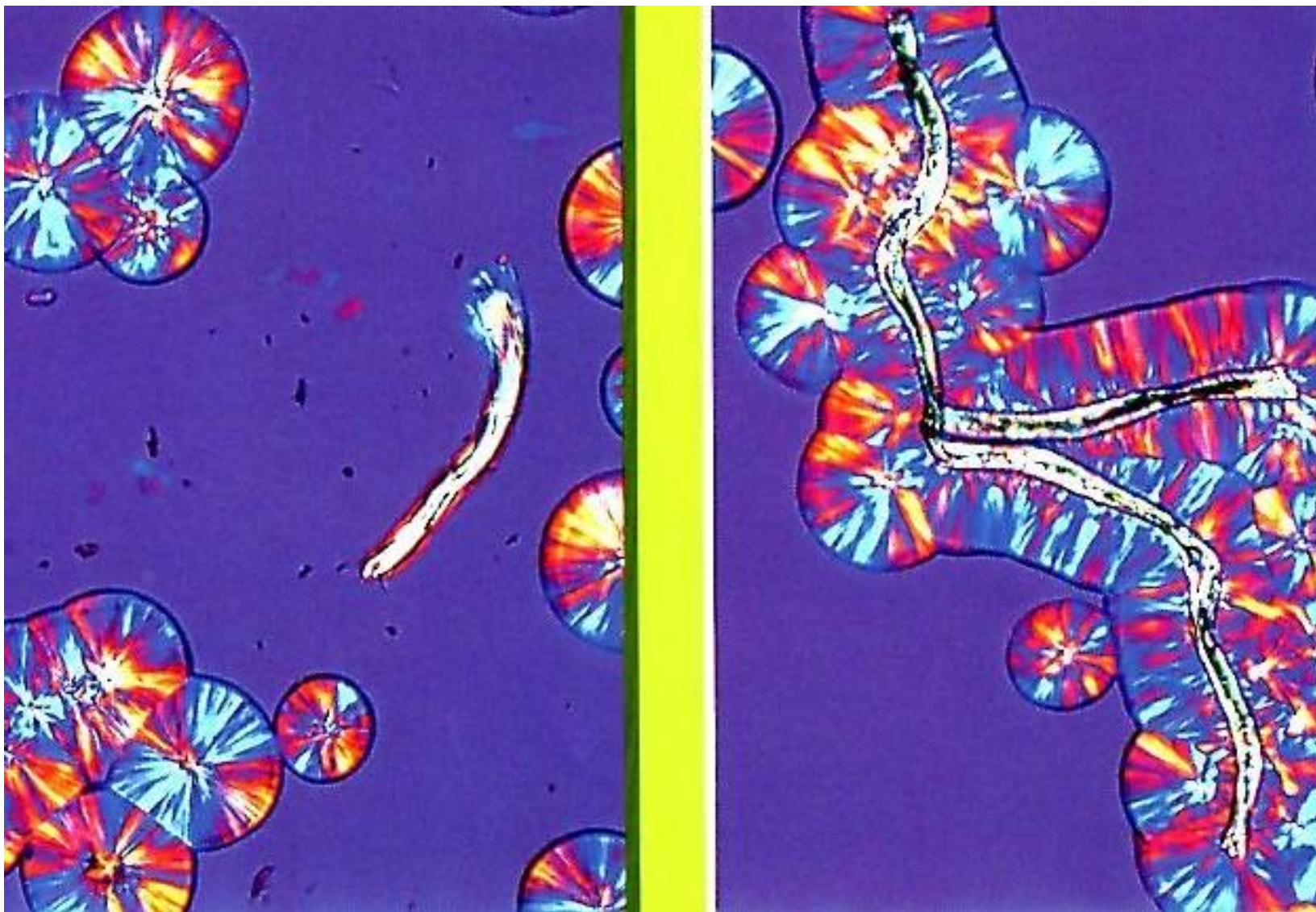
Polypropylen - materiál mnoha podob i použití 2

Krystalické modifikace

- **ALFA** – nejběžnější
- **BETA** – zatím málo rozšířený, potřeba nukleace
- **GAMA** – zatím spíše objekt základního výzkumu

Homopolymery & Kopolymery

- **Homopolymery** – většina běžných použití
- **Kopolymery**
 - **Heterofázový** (houževnatý)
 - **Statistický** (nízký zákal)
- **KOMONOMERY**
 - **ETYLÉN (DOMINANTNÍ)**
 - **BUTEN (zatím minoritní)**



Když se řekne „Polypropylen“ – musíme se ptát:

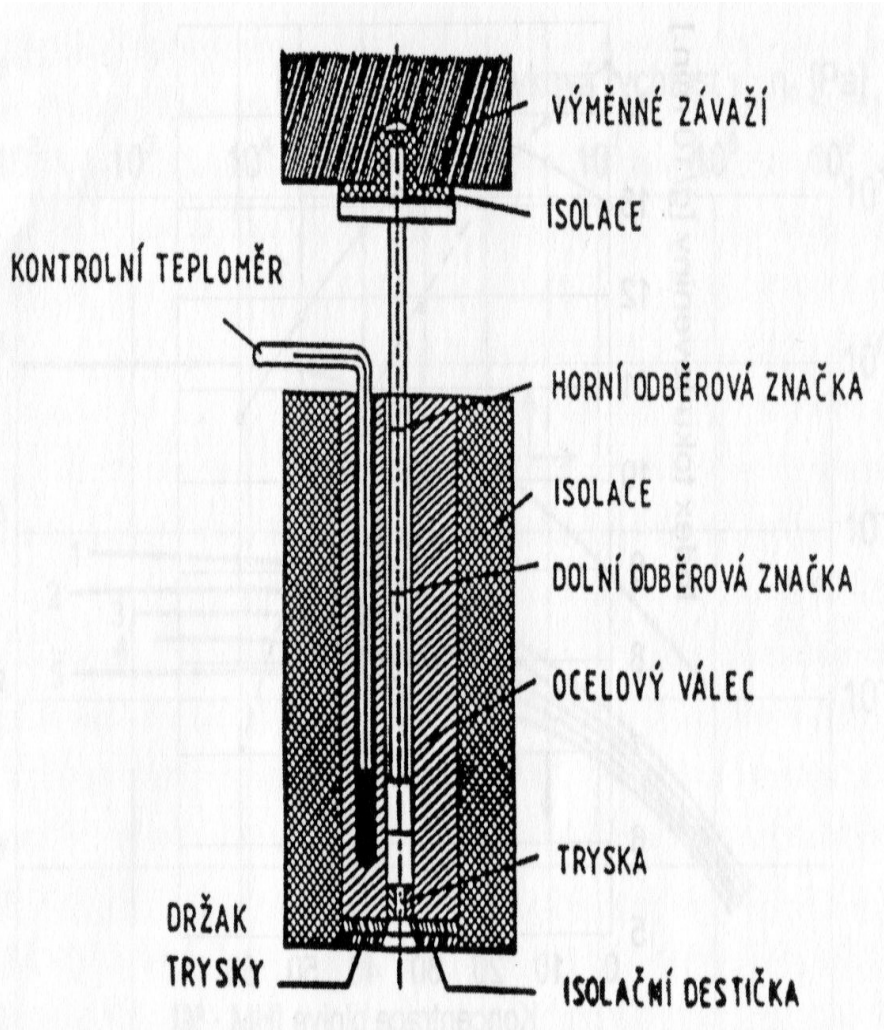
Základní dotazy:

- Homopolymer nebo kopolymer?
- Když kopolymer, pak heterofázový nebo statistický?

Doplňující dotazy:

- *Izotaktický? Téměř vždy ANO*
- *ALFA, BETA nebo GAMA? Téměř vždy ALFA, málokdy BETA a asi nikdy GAMA*

Zase ten INDEX TOKU TAVENINY



INDEX
TOKU
TAVENINY
(230/2,16)

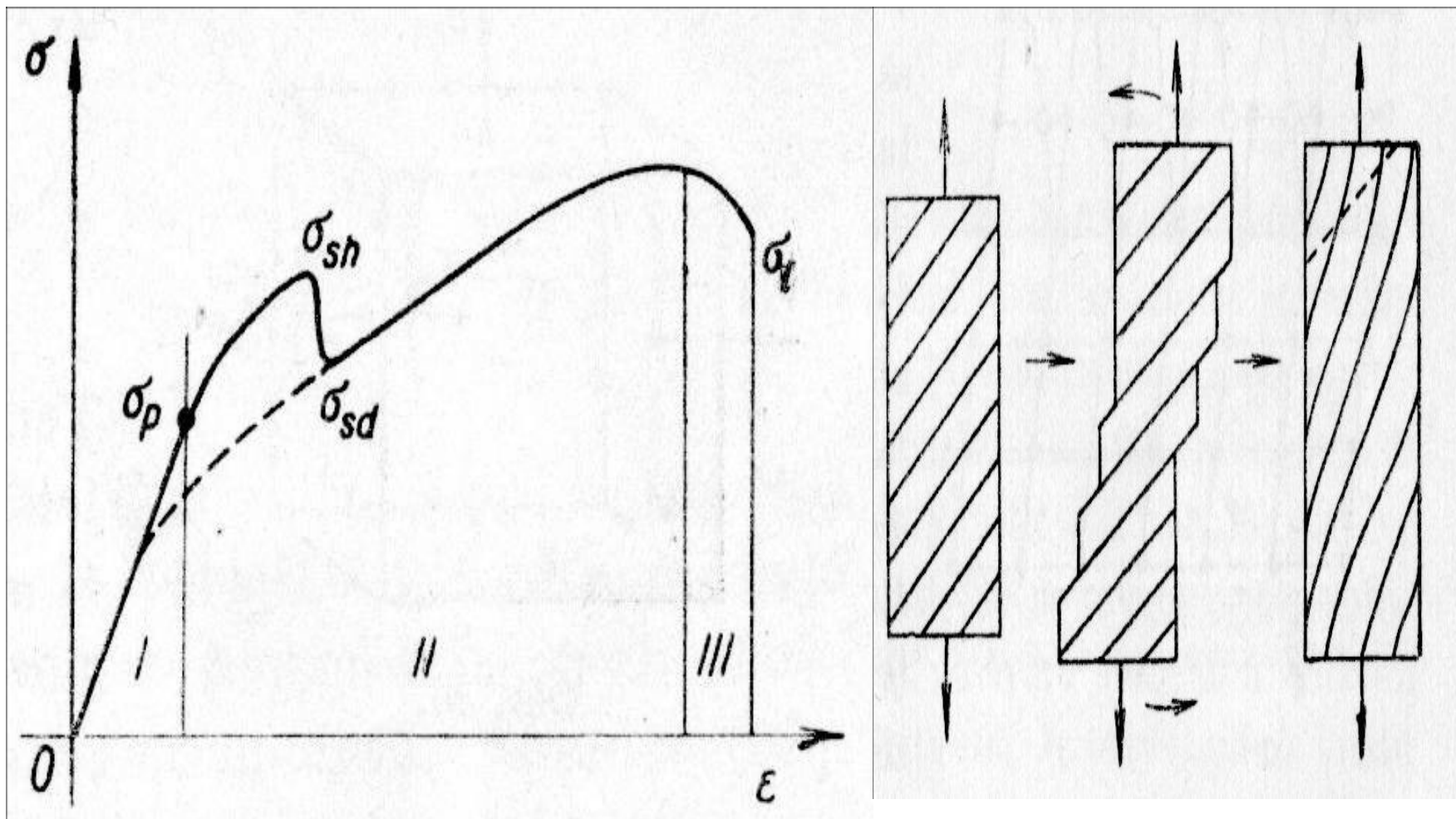
g/10 min

2,0

Proč 230 °C a ne
190 °C jako u PE?

Používají se i jiné
teploty a zatížení?
Pokud, pak PROČ?

Bez trochy teorie to nepůjde – napětí na mezi kluzu v tahu & plastická deformace



Když začneme hledat na Internetu www.unipetrol.cz

Polypropylen Mosten GB 002 je víceúčelový homopolymer se základní aditivací vhodný pro vstřikování, pro výrobu tkacích pásků, provazů a motouzů, pro výrobu fólií s následným tvarováním a pro vyfukování dutých obalů.

Vlastnost	Jednotka	Typická hodnota
INDEX TOKU TAVENINY (230/2,16)	g/10 min	2.0
NAPĚTÍ NA MEZI KLUZU	MPa	35
CELKOVÁ TAŽNOST	%	>100
OHYBOVÝ MODUL	MPa	1700
NAPĚTÍ NA MEZI KLUZU	MPa	35
VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY 23°C	kJ/m²	6.0
VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY - 20°C	kJ/m²	-
TEPLOTA MĚKNUTÍ DLE VICATA	°C	156

Typy POLYPROPYLENU podle použití

- **Vstřikovací**
- **Vytlačovací**
 - Fóliové,
 - Deskové,
 - Trubkové,
 - Vláknářské (např. Spun Bond Mosten NB 425)
- **Vyfukovací**
- **Páskové**
- **Jiné a různé (např. Melt Blown)**

HDPE Liten X PP Mosten

Liten MB 71

Mosten GB 107

ITT	7
Vstřikovací typ	
Napětí na mezi kluzu v tahu	26 MPa
Teplota měknutí podle Vicata	126 °C
VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY 23°C	6,5

ITT	7
Vstřikovací typ	
Napětí na mezi pevnosti v tahu	35 MPa
Teplota měknutí podle Vicata	154 °C
VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY 23°C	4,0

POLYPROPYLEN – ITT a použití

- **Vstřikovací: 2 – 60 g/10 minut**
- **Vytlačovací**
 - **Fóliové, – 2 – 10 g/10 minut**
 - **Deskové, – 0,1 – 0,20 g/10 minut**
 - **Trubkové, – 0,1 – 0,20 g/10 minut**
- **Vyfukovací – 0,1 – 0,25 g/10 minut**
- **Páskové – 2 - 5 g/10 minut**
- **Vláknářské – 10 - 25 g/10 minut**
- **Melt Blowv textilie – 600 – 1000 g/10 minut**

HDPE Liten X PP Mosten

Význam použití

- Vstřikování – velký
- **Fólie – extrémně velký**
- **Trubky – extrémně velký**
- *Desky – střední až malý*
- **Vyfukování nádob – extrémně vysoký**
- *Pásky - malý*
- *Vlákna – velmi malý*
- *Termoforming - malý*

Význam použití

- **Vstřikování – extrémně velký**
- Fólie – velký
- Trubky – velký
- Desky – velký
- Vyfukování nádob – malý
- **Pásky - extrémně velký**
- **Vlákna – extrémně velký**
- Termoforming - velký

Hlavní výhody polypropylénu

- Nízká hustota (cca. 900 kg/m^3)
- Vysoká teplota skelného přechodu T_g
- Vyšší bod tání než PE (homopolymer cca. $160 \text{ }^\circ\text{C}$ podle DSC)
- Malý sklon k tzv. Stress Cracking působením rozpouštědel a detergentů
- Vyšší povrchová tvrdost než PE
- Nukleací a statistickými kopolymery lze docílit malého zákalu fólií

Hlavní NEVÝHODY polypropylénu

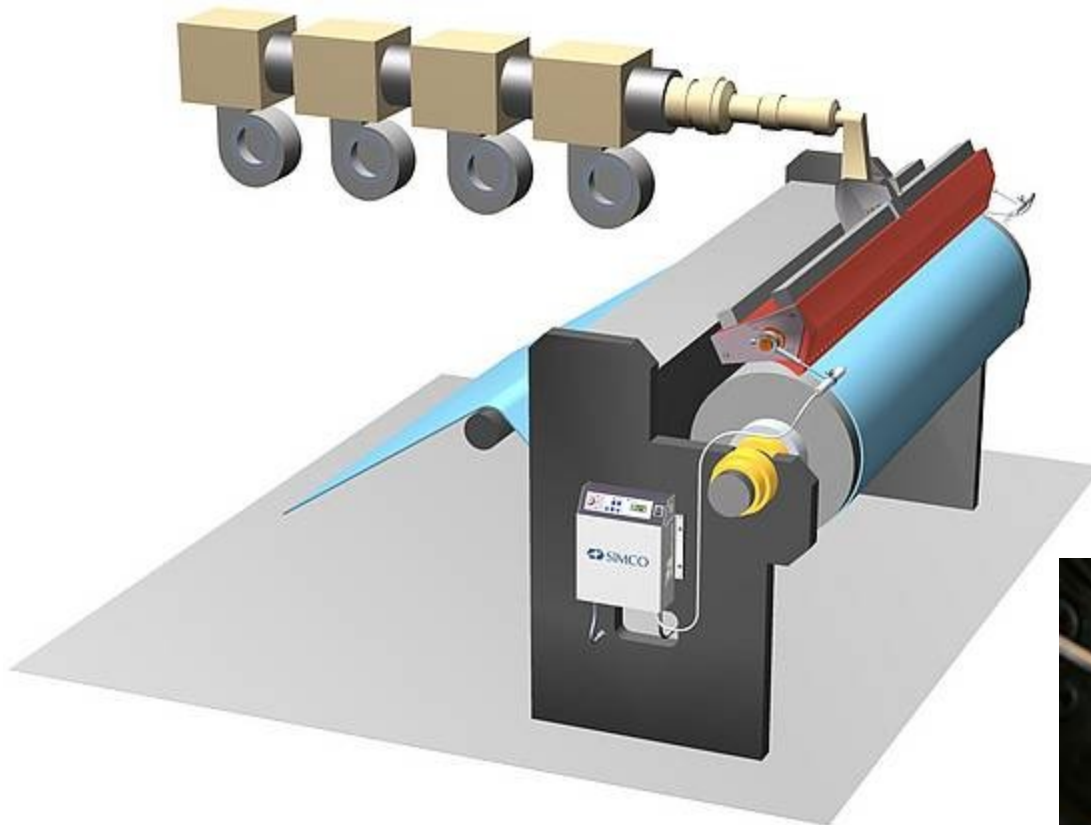
- **Nízká houževnatost** u homopolymerů a statistických kopolymerů
- **Nízká stabilita vůči UV záření**
- **Nižší stabilita vůči oxidaci oproti PE**

POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 1/1

Fólie

- **Litá fólie** – Chill Roll > materiály & použití
- **Vyfukovaná fólie** – jak se dělá, malý význam > proč?
- **BOPP** – u PP asi nejvýznamnější, co to je a jak se dělá, použití,
-

Technologie vytlačování plochých folií na chladicí válec (chill roll)

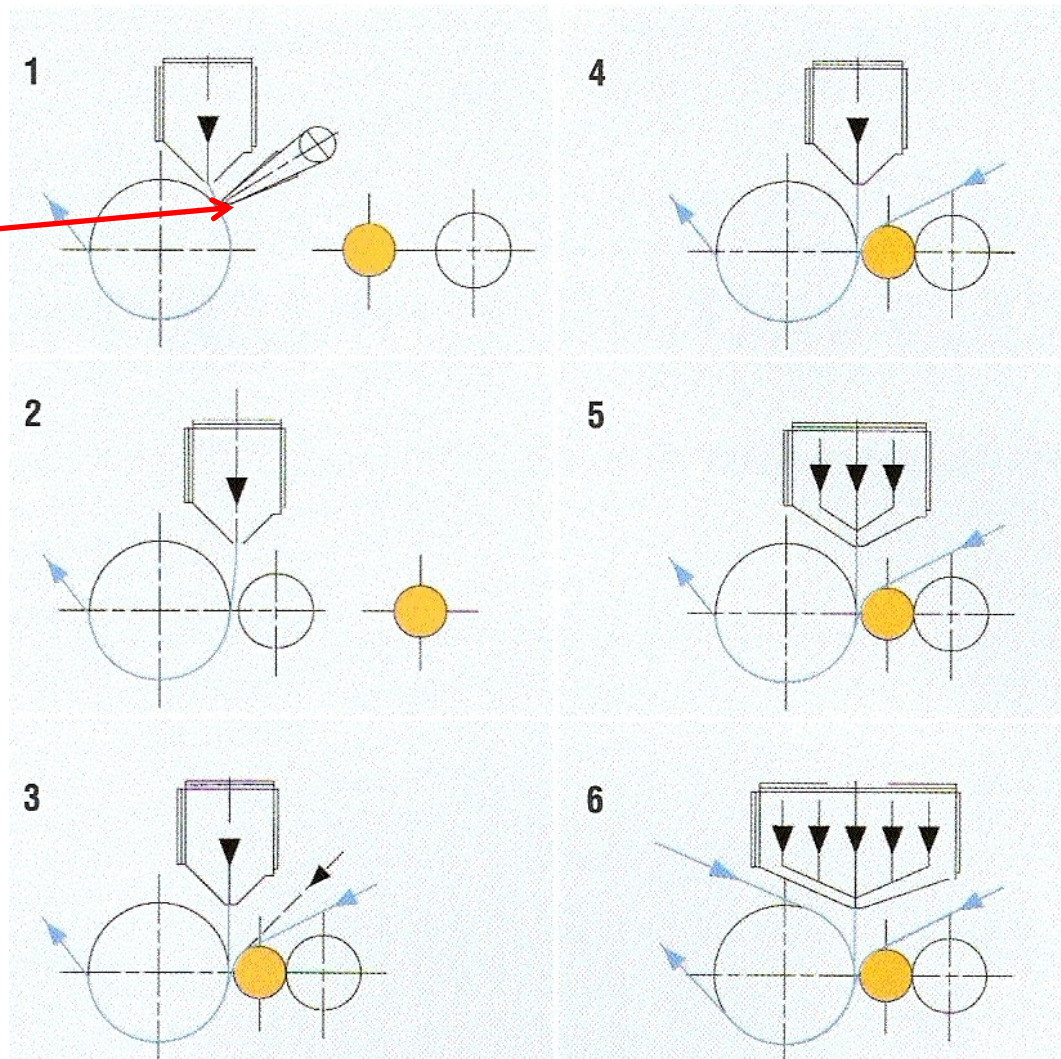


Lité fólie – chlazení na válci

Vzduchový nůž (přítlak taveniny k chladicímu válci) – PP

Přítlak taveniny k chladicímu válci elektrostaticky - PET

Tavenina vytlačována plochou štěrbínou na chladicí válec, ořezání, navíjení, často se používá koextruze z více typů PP

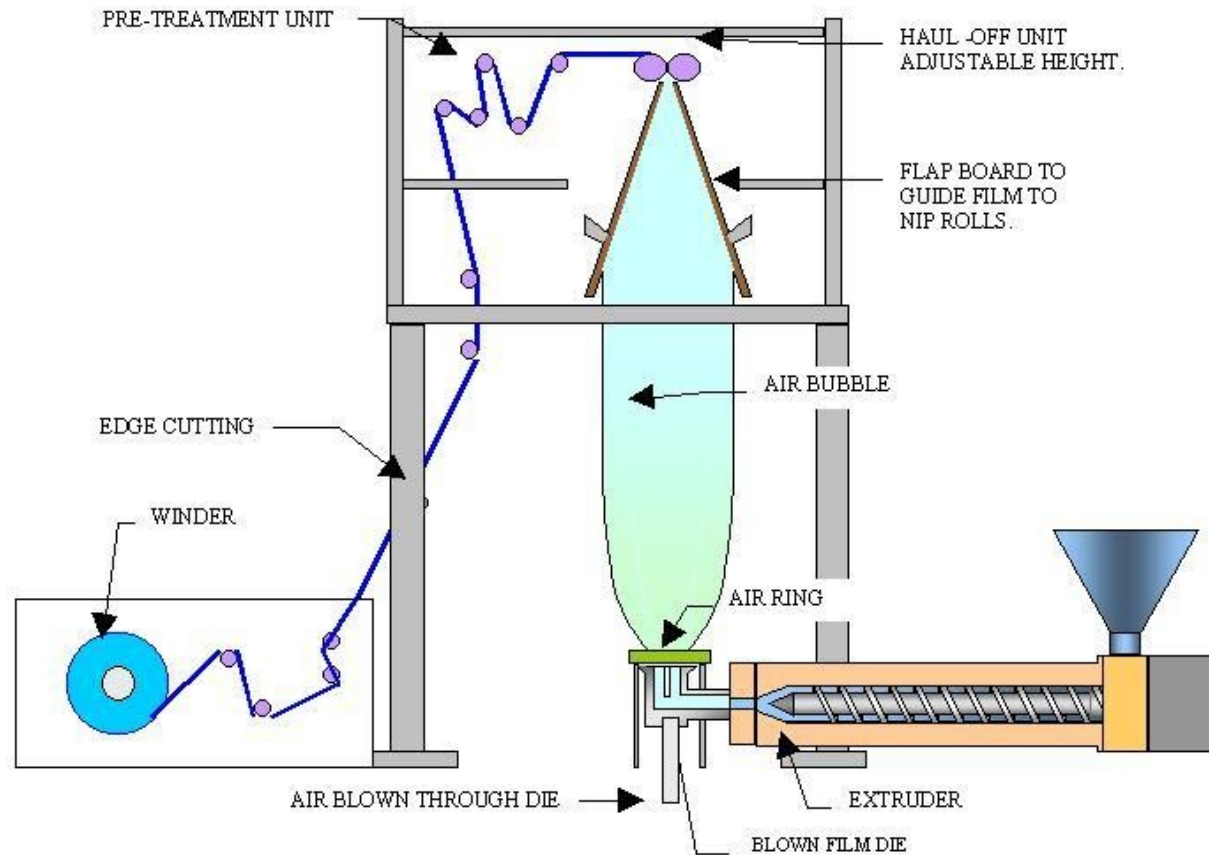


Lité fólie – PP materiály

- Fólie je téměř neorientovaná, avšak má přesto nízký zákal neboť rychlé zchlazení neumožní růst velkých krystalických útvarů.
- **Vhodné typy PP: PP-h tak i PP-r.**
- **PP-r má nižší bod tání a tedy lepší svařitelnost folií. U stejného důvodu se používají i vícevrstvé folie PP-h uvnitř, PP-r na povrchu.**
- **PP-r folie je průhlednější, měkčí a více odolná proti průrazu**
- **Vhodné typy Mostenu: např. FC110, FC908**

Technologie vyfukování tubulárních folií

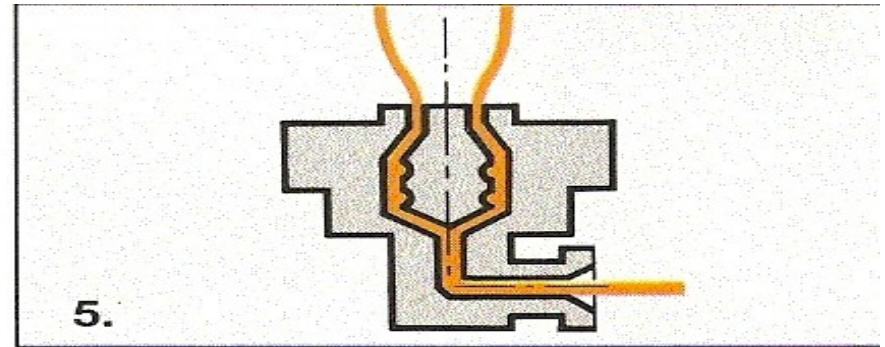
TUBULAR BLOWN FILM PLANT



Vyfukované fólie I - PE

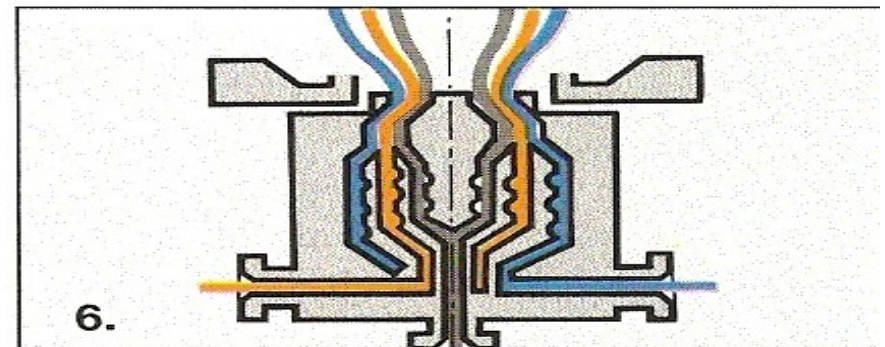
Film blowing lines

- film blowing with air cooling
- film blowing with water cooling.



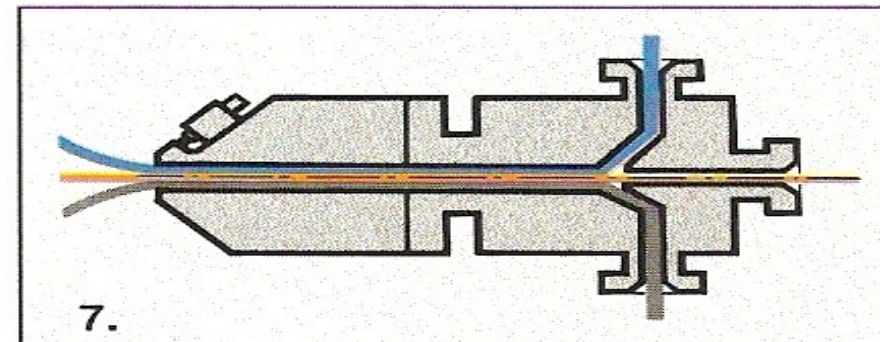
Co-extrusion film blowing lines

- 3 layers using 2–3 extruders
- 5 layers using 3–5 extruders
- 7 layers using 5–7 extruders.



Co-extrusion flat film lines

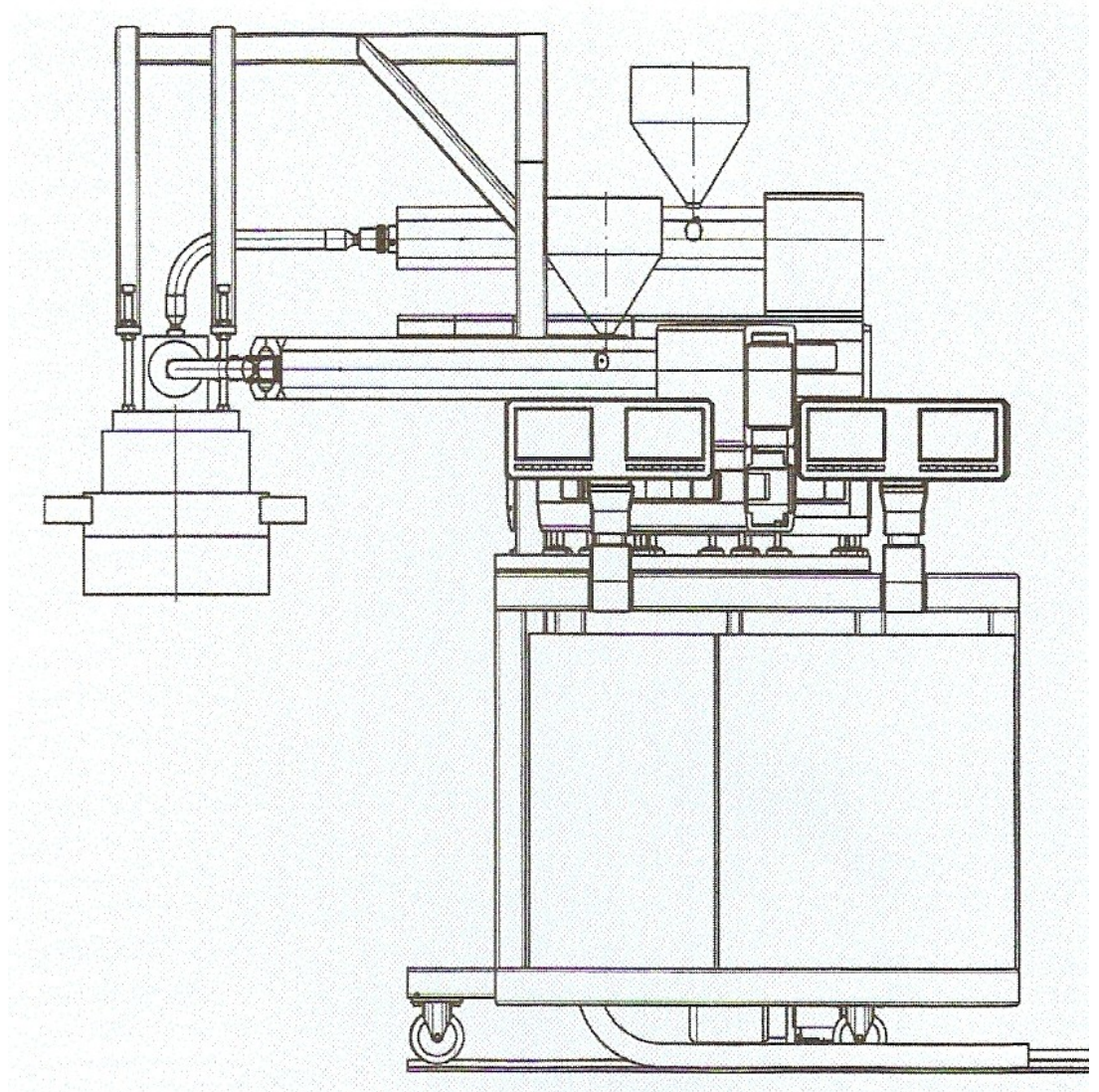
- of 2–7 layers
- for films or sheets.

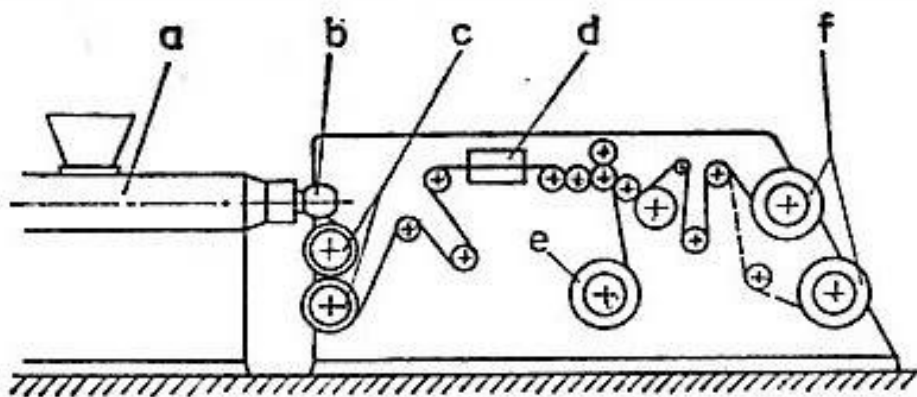


Vyfukované fólie II - PP

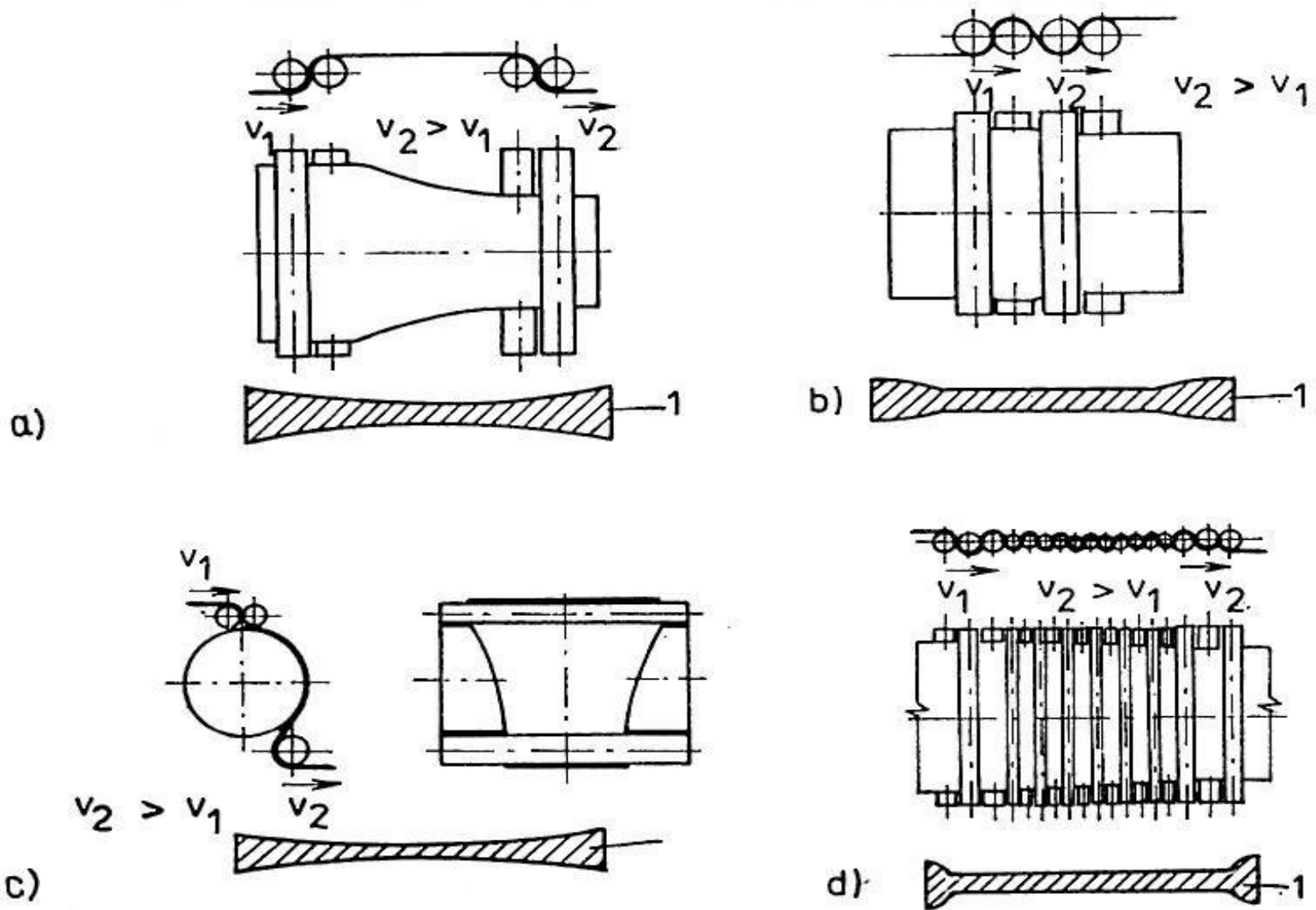
Chlazení vzduchem –
nejběžnější, hlavně
LDPE, LLDPE, HDPE
a jejich směsi

Chlazení vodním
prstencem – méně
běžné, hlavně u PP >
PROČ?





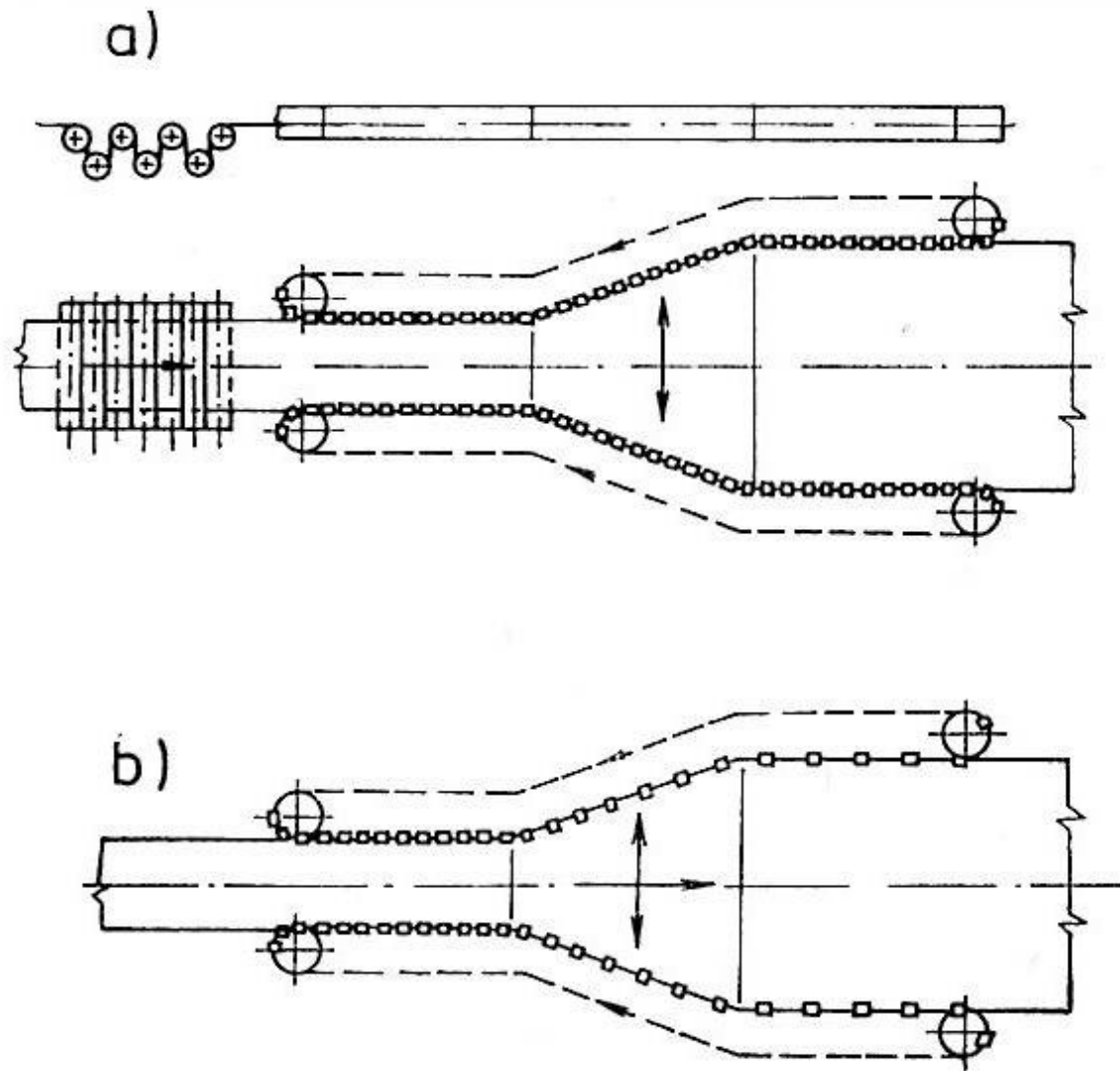
Obr. 7-162. Linka na vytlačování fólií
a — vytlačovací stroj,
b — širokoštěbinová vytlačovací hlava,
c — chladič válce, *d* — měření tloušťky
 fólie, *e* — navíjecí zařízení okrajů,
f — navíjecí zařízení fólie



Obr. 7-163. Monoaxiální dloužení fólií [33]

a) dloužení na delší dráze, b) dloužení v krátké mezeře, c) dloužení na válci, d) dloužení ve více krátkých mezerách;

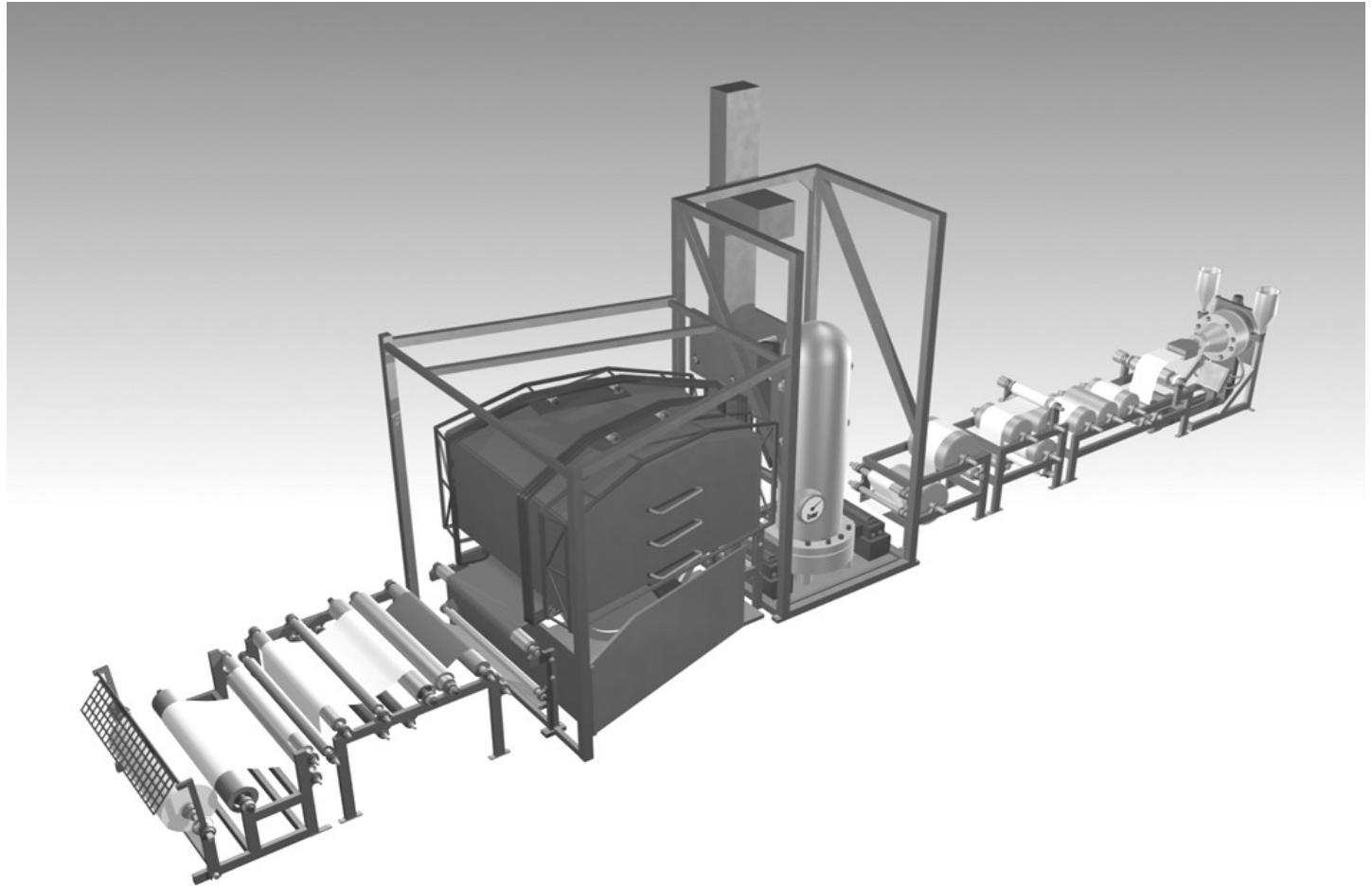
I — profil fólie po dloužení, v_1 , v_2 — vstupní a odtahová rychlost fólie



Obr. 7-164. Biaxiální dloužení fólií [33]
 a) dvoustupňový proces, b) jednostupňový proces

Technologie vytlačování biaxialně orientovaných folií (BOPP)

Velmi produktivní technologie (kg/hod), ale nákladná a proto málo výrobních linek.



POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 2/1 Fólie – srovnání PE a PP

PE

- Široká škála tuhostí
- Široká škála optických vlastností
- Odolnost proti protržení
- Odolnost proti UV záření
- *Vyšší hustota*
- *Menší tuhost*
- *Menší pevnost*

PP

- Široká škála tuhostí
- Široká škála optických vlastností (homo, impact, stat)
- *Nižší odolnost proti protržení*
- *Nižší odolnost proti UV záření*
- *Nižší hustota*
- *Vyšší tuhost*
- *Vyšší pevnost (BOPP)*

POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 2/1

Vlákna a monofily

Snadné probarvování a široká škála jemností, profilované průřezy, hustota < 1 g/cm³ > plave na vodě

- **Netkané textilie** – Spun Bond a Melt Blown
- **Klasická vlákna** – stříž, kablík, hedvábí
- **Monofily (průměr > 0,5 m)** – hladké, tvarované

POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 2/2

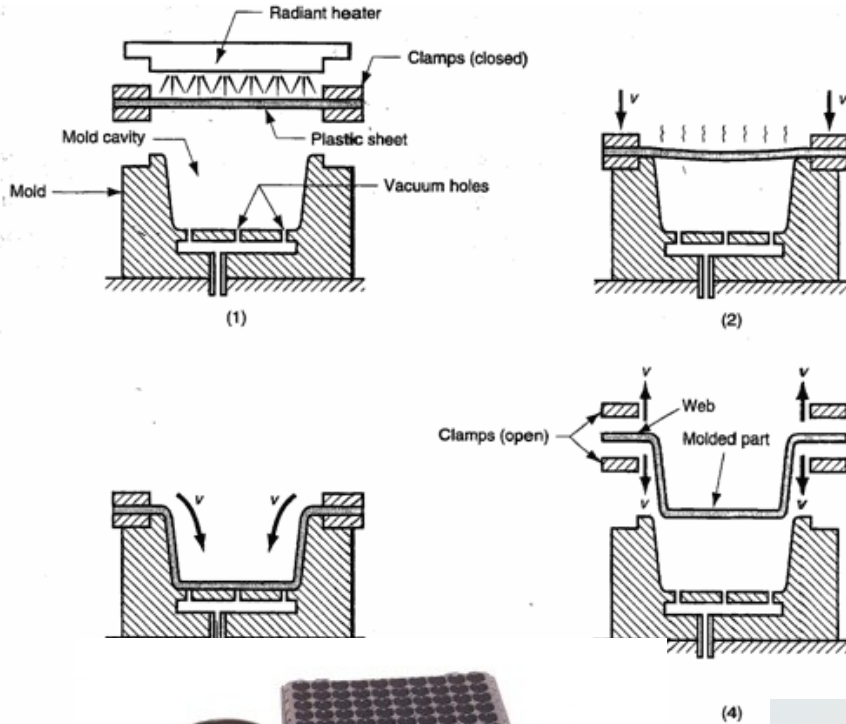
Jak se vyjadřuje jemnost vláken?

- **dtex (Evropa) nebo denier (GB & USA)**
 - dtex = hmotnost 10 km vlákna vyjádřená v gramech
 - Příklad: 1,3 dtex u PP je průměr vlákna s kruhovým průřezem cca. 12 μm
- **Netkané textilie** – plošná hmotnost & dtex elementárního vlákna
 - g/m² & dtex

POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 2/3

- **Spun Bond** – jemná prodyšná ochrana předmětů
- **Melt Blown** – sorpce kapalin, např. olejů, filtrace plynů a kapalin
- **Klasická vlákna** – jednoduché barevné i tvarové imitace přírodních vláken
- **HLAVNÍ NEVÝHODA: SNADNÁ HOŘLAVOST**, pokud není použita FR aditivace

Tvarování z fólie za tepla (termoforming)



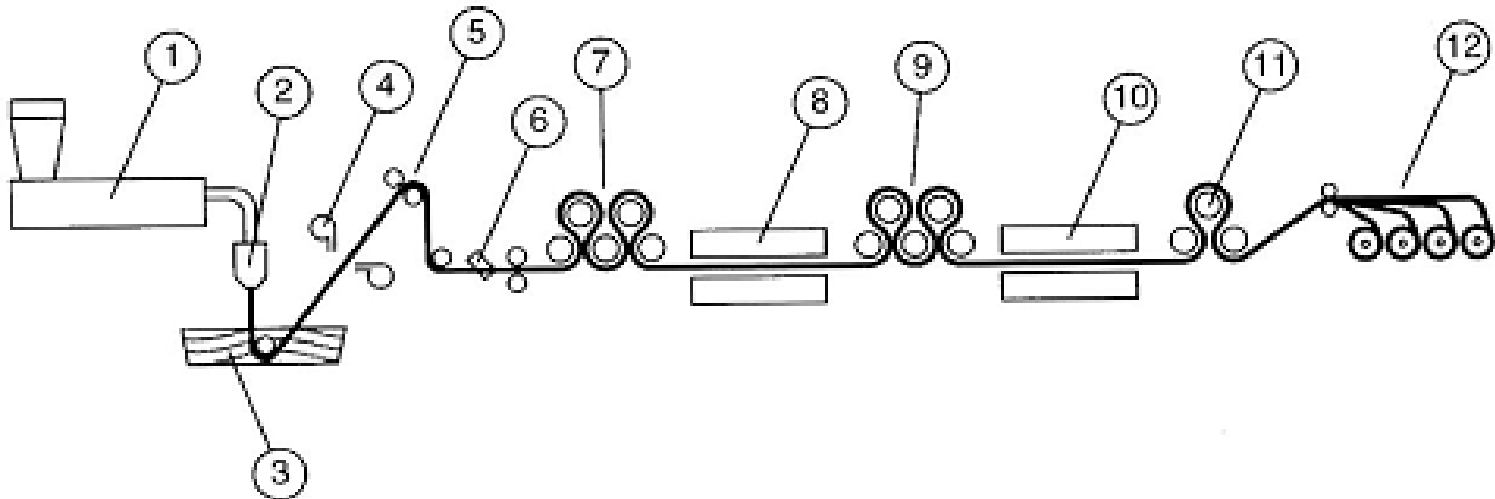
POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 3/1 TERMOFORMING

- **Jednorázové nádoby** na barvy, suspenze atd.
- **Plata** na uložení drobných sbírkových předmětů
- **Vytvoření forem** na odlévání
- **Svařovaný obal** ze dvou dutin
-

POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 4/1 - DESKY

- **Svařované nádrže** na impregnační nebo čisticí roztoky (odrezování, pokovování atd.)
- **Podložné desky** pod předměty z kamene i kovů (stabilizace proti UV a oxidaci nutná)

Technologie výroby orientovaných pásků – jen jedna fixace či srážení



Výroba orientovaných pásků

1: *Extrudér; 2:* Široká štěrbina; **3:** *Vodní chladicí lázeň; 4:* *Zařízení na odstraňování vody; 5:* *Odtahovací válce primární fólie; 6:* *Řezací nože; 7:* *Pomalé odtahovací válce; 8:* *Dloužicí pec; 9:* *Rychlé válce; 10:* *Fixační pec; 11:* *Odběr; 12:* *Navíjecí cívky*

POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 5/1 – VÁZACÍ PÁSKY

- **UPEVNĚNÍ PŘEDMĚTŮ PŘI DOPRAVĚ**
- **PROVIZORNÍ ZPEVNĚNÍ ROZPADÁVAJÍCÍCH SE OBJEKTŮ**