

# Polymery a plasty v praxi

# POLYPROPYLEN

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

[pospisil@polymer.cz](mailto:pospisil@polymer.cz)

[pospisil@gascontrolplast.cz](mailto:pospisil@gascontrolplast.cz)

[29716@mail.muni.cz](mailto:29716@mail.muni.cz)

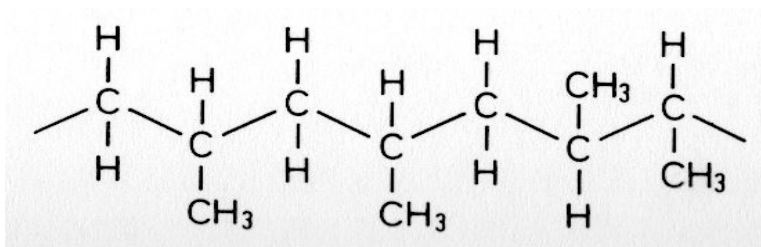
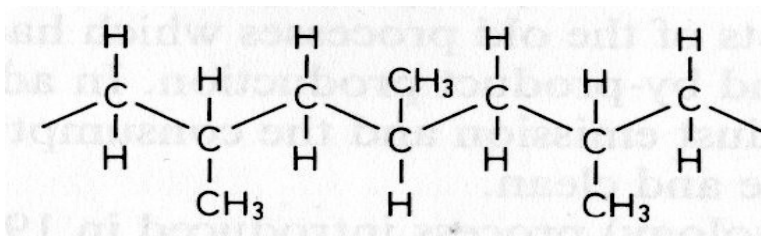
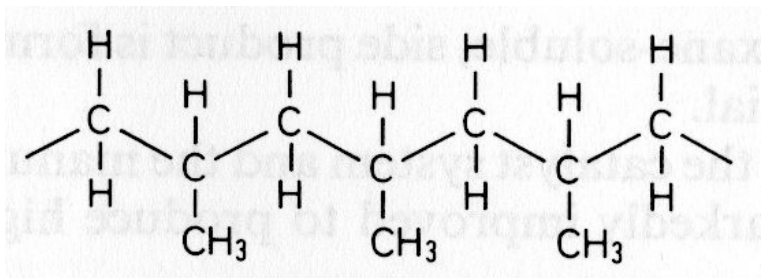


# Giulio Natta

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

# 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:

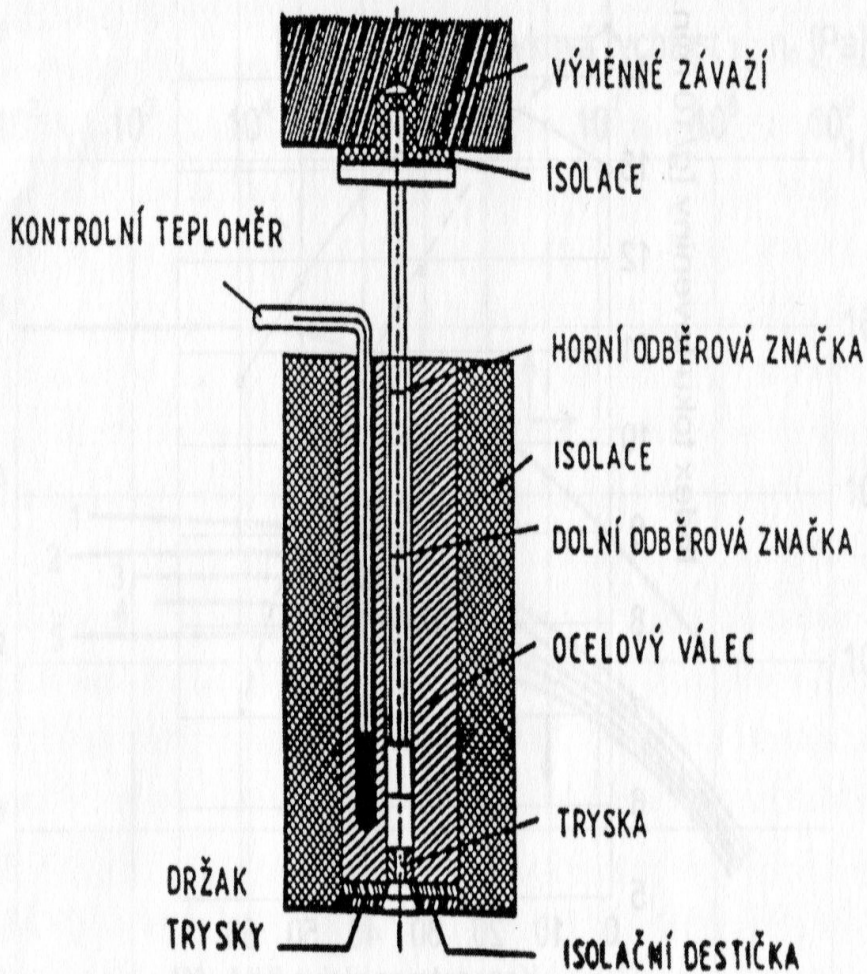
## Základní dotazy:

- 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)

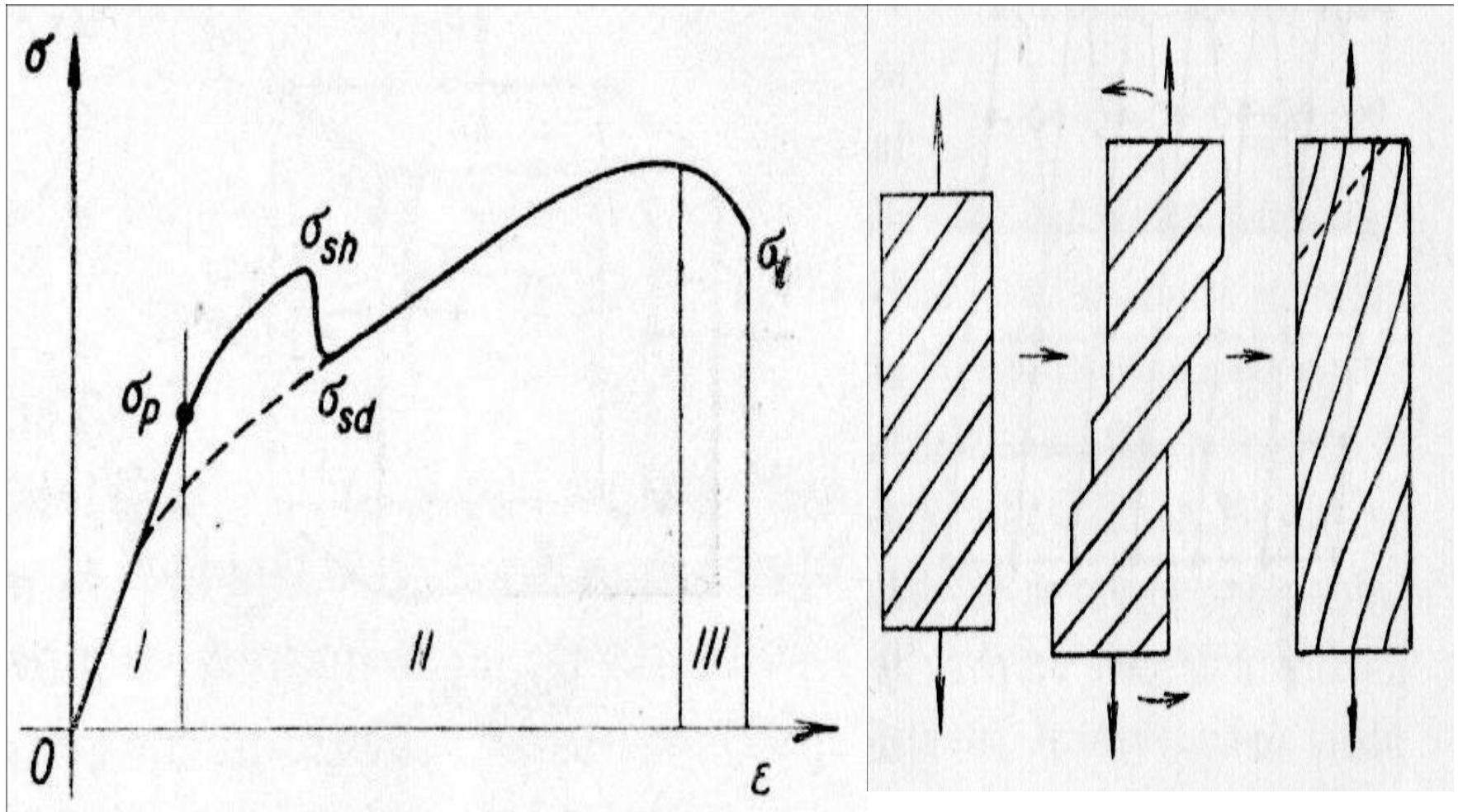
g/10 min

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](http://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.

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



# 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
<b>Vstřikovací typ</b>	
<b>Napětí na mezi kluzu v tahu</b>	<b>26 MPa</b>
<b>Teplota měknutí podle Vicata</b>	<b>126 °C</b>
<b>VRUBOVÁ HOUŽEVNATOST CHARPY 23°C</b>	<b>6,5</b>

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

# POLYPROPYLEN Mosten – ITT a použití

- **Vstřikovací: 2 – 60 g/10 minut**
- **Vytlačovací**
  - Fóliové, – 0,1 – 0,20 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 – cca. 0,50 g/10 minut**
- **Vláknářské (Mosten NB 425) - 25 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*
- *Vlákná – velmi malý*
- *Termoforming - malý*

## Význam použití

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

# Hlavní výhody polypropylénu

- Nízká hustota (cca.  $900 \text{ kg/m}^3$ )
- 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

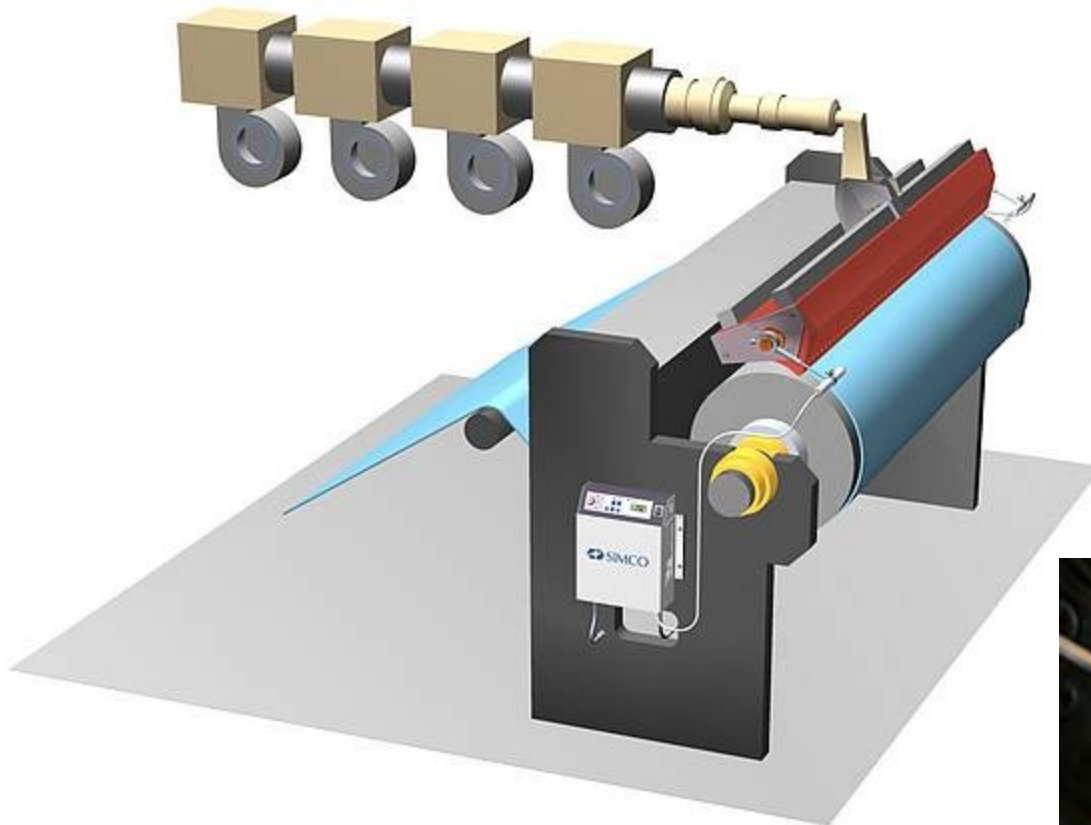
- **Nízká houževnatost** u homopolymerů a statistických kopolymerů
- **Nízká stabilita vůči UV záření**
- **Nižší stabilita vůči oxidaci oproti PE**

# 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)



30.5.2012

VÝROBNÍ TECHNOLOGIE  
PLASTŮ

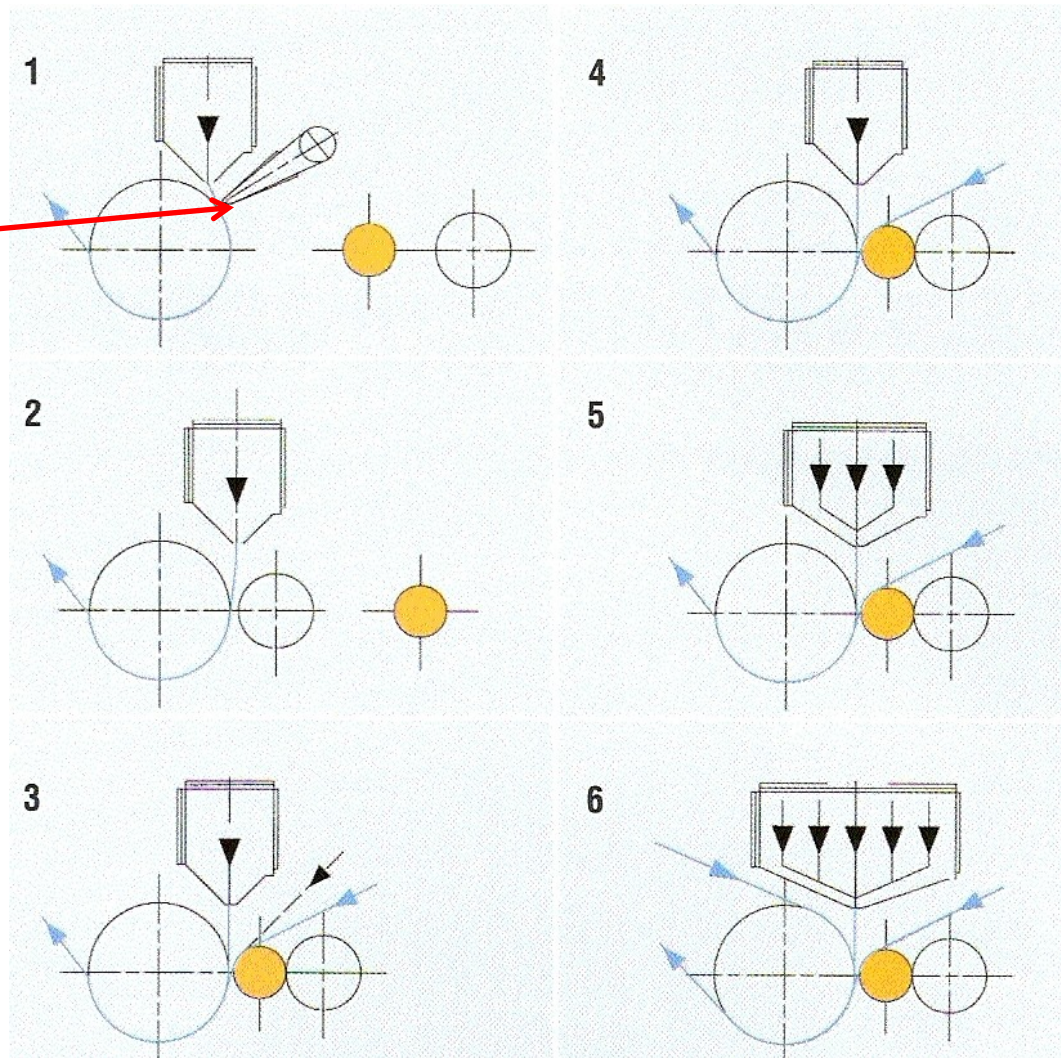


# Lité fólie – chlazení na válci

Vzduchový nůž (přítlak taveniny k chladicímu válci) – PP

Přítlak taveniny k chladicímu válci elektrostaticky - PET

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

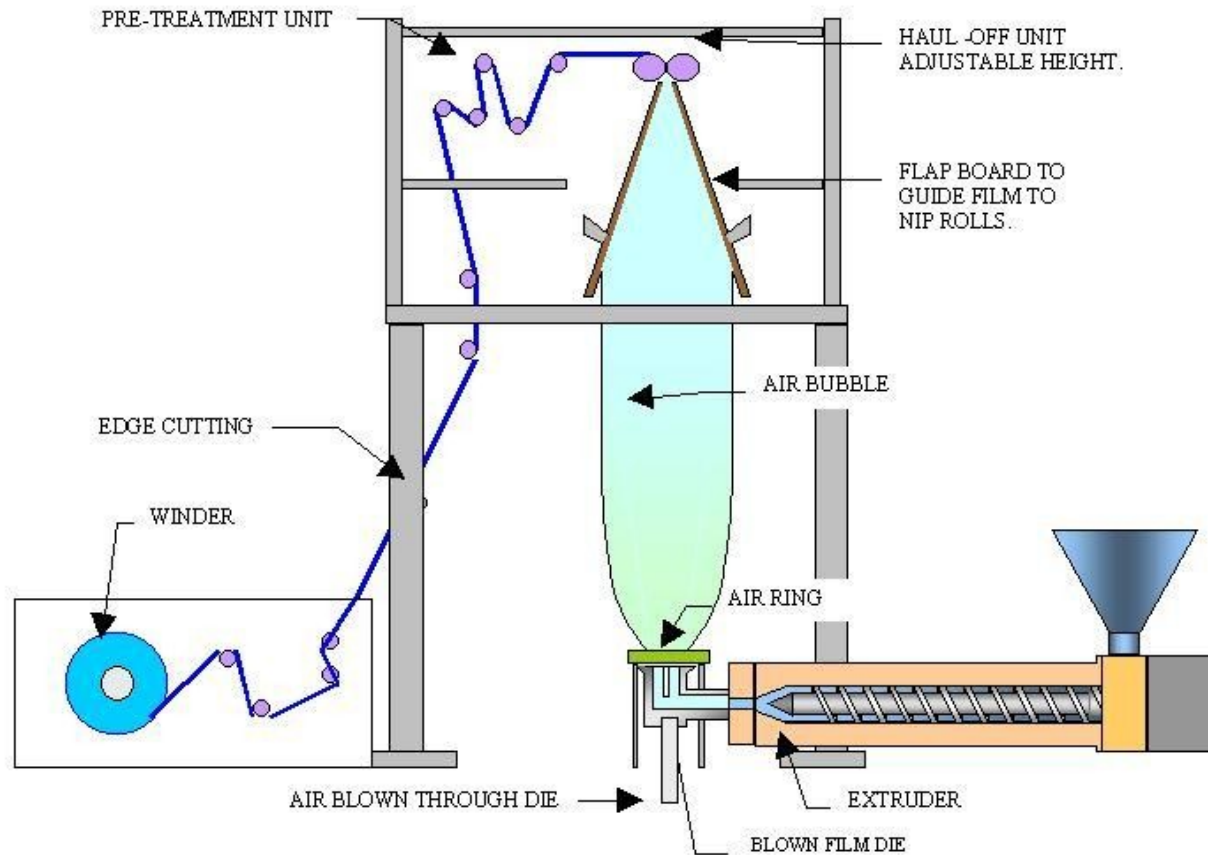


# Lité fólie – PP materiály

- 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

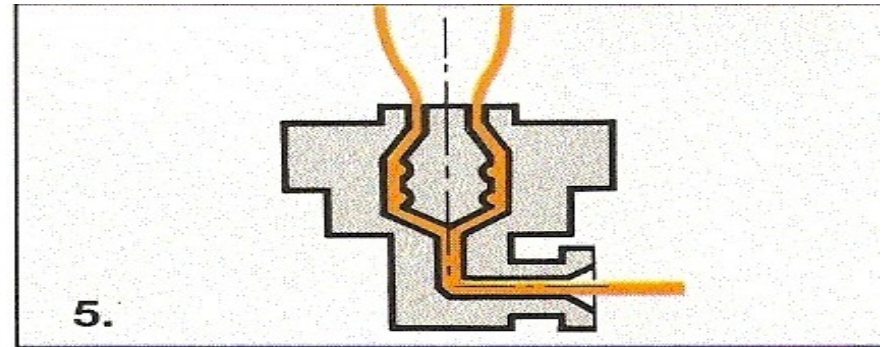
TUBULAR BLOWN FILM PLANT



# Vyfukované fólie I - PE

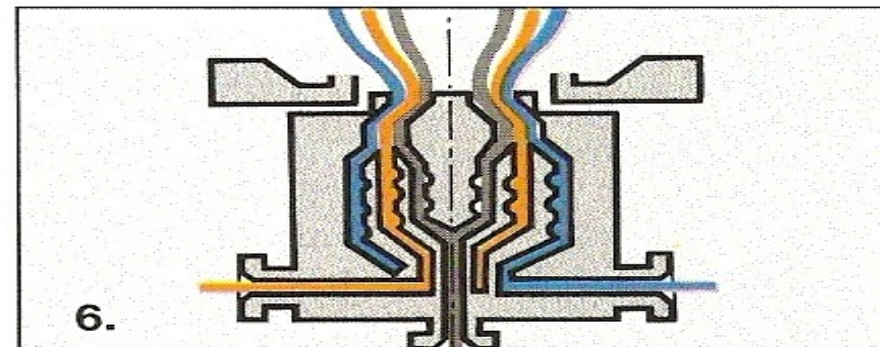
## Film blowing lines

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



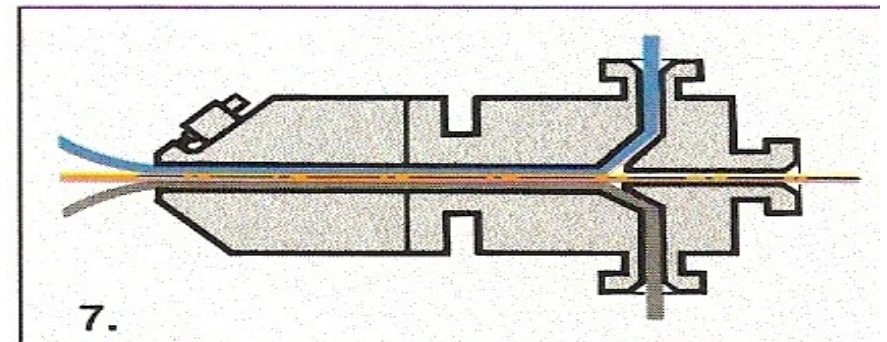
## Co-extrusion film blowing lines

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



## Co-extrusion flat film lines

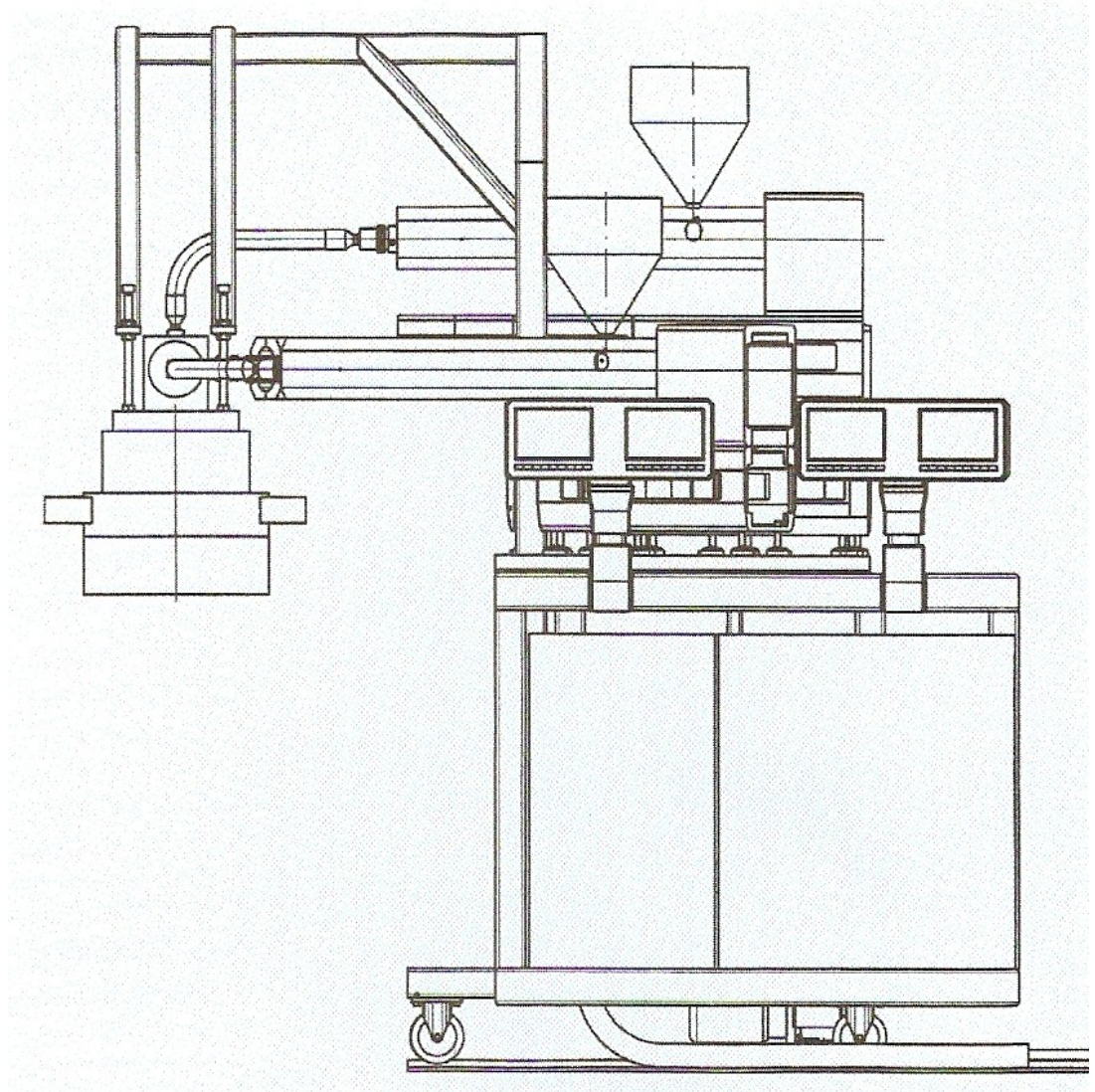
- of 2–7 layers
- for films or sheets.



# Vyfukované fólie II - PP

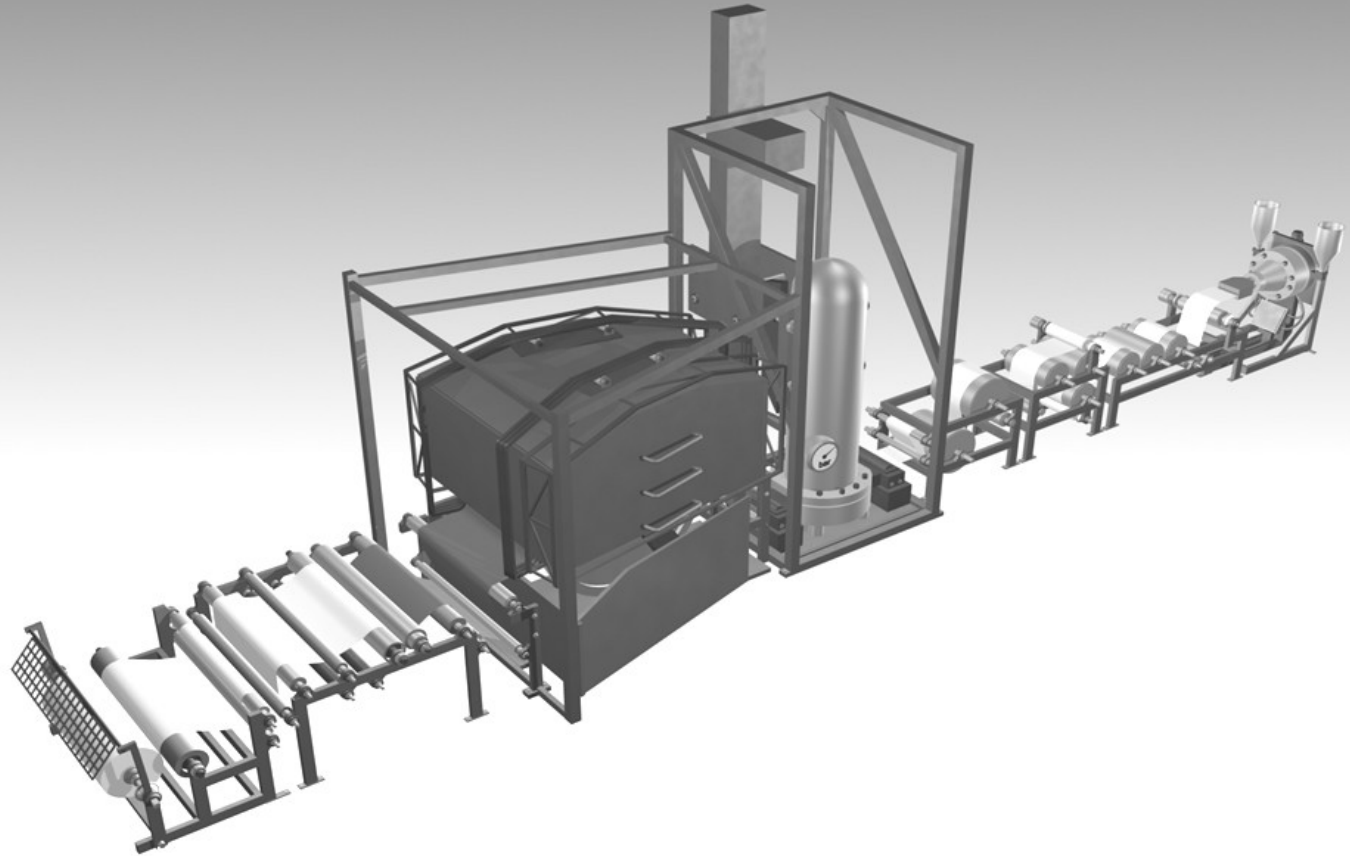
Chlazení vzduchem –  
nejběžnější, hlavně  
LDPE, LLDPE, HDPE  
a jejich směsi

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



# 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/cm<sup>3</sup> > 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

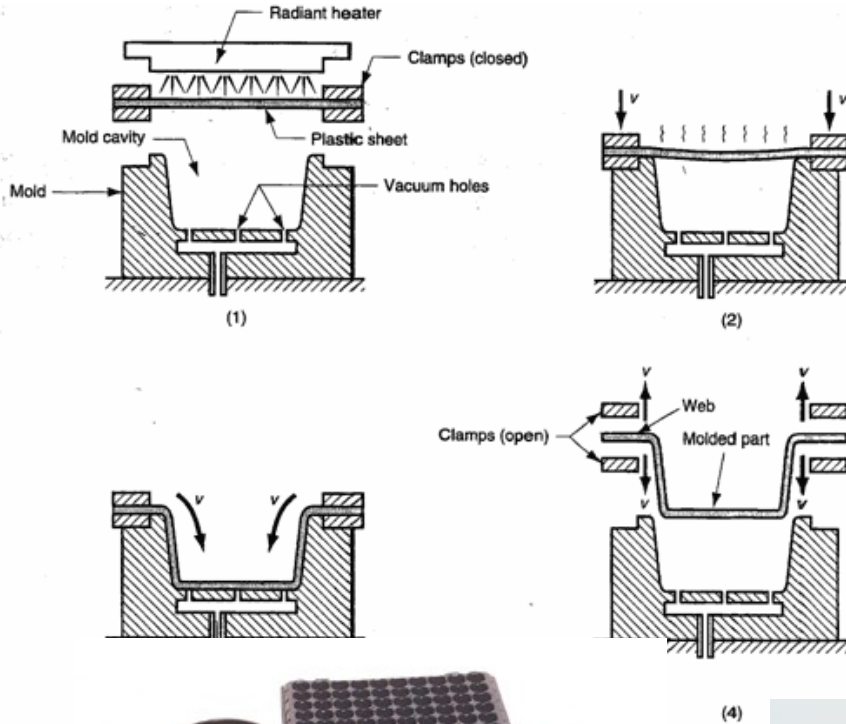
Jak se vyjadřuje jemnost vláken?

- **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  $\mu\text{m}$
- **Netkané textilie** – plošná hmotnost & dtex elementárního vlákna
  - g/m<sup>2</sup> & 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)



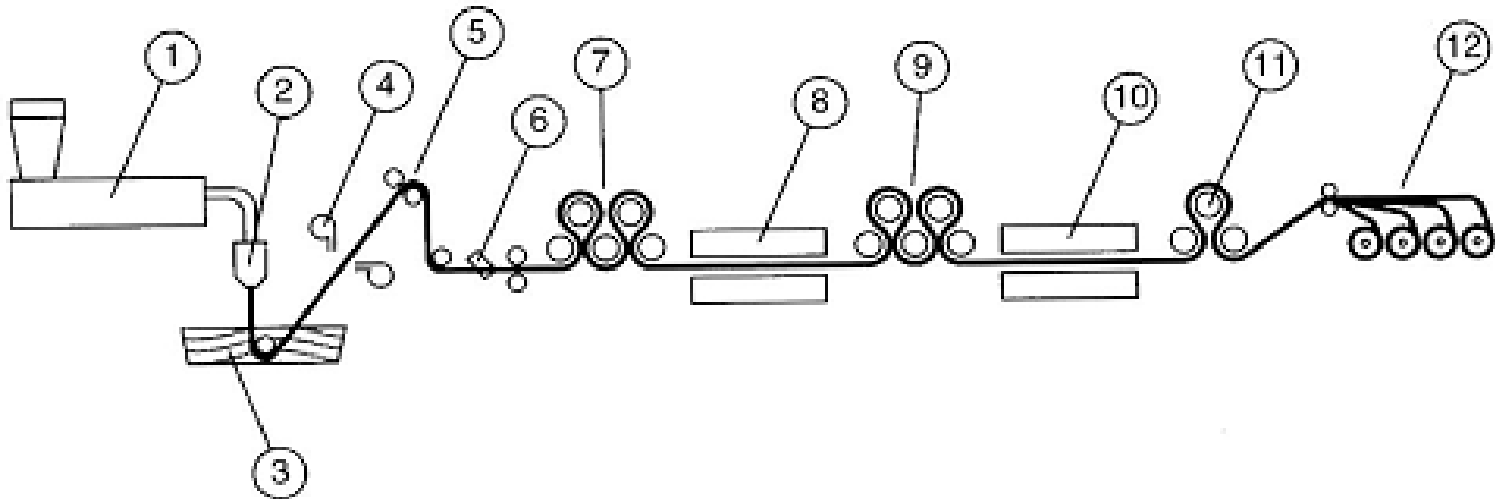
# POLYPROPYLEN & konzervátor a restaurátor 3/1 TERMOFORMING

- **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**