

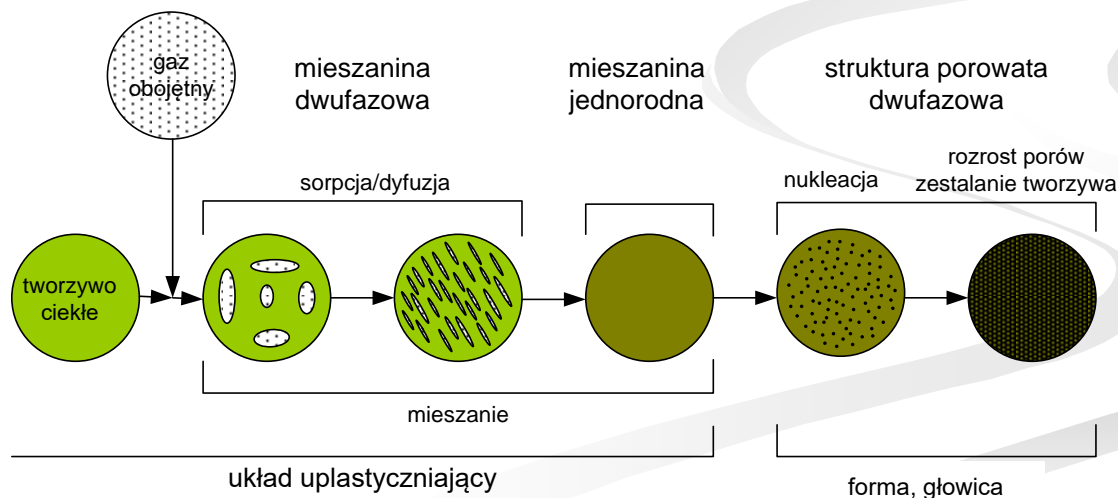
**CHARAKTERYSTYKA
WYROBÓW
POROWATYCH Z TWORZYW
POLIMEROWYCH**



Charakterystyka procesu porowania

Porowanie – grupa metod przetwórstwa, gdzie w wyniku wprowadzenia do tworzywa środka porującego - poroforu, otrzymuje się wyroby o strukturze porowatej.

Środek porujący – gaz, ciało stałe lub ciecz, która w podwyższonej temperaturze wrze lub rozkłada się z wydzielaniem produktów gazowych na ogół **azotu, dwutlenku węgla, powietrza**.



Cele procesu parowania

- zmniejszenie masy wyrobu,
- zmniejszenie kosztów i oszczędność materiałów,
- zwiększenie elastyczności, giętkości,
- polepszenie właściwości tłumiących,
- zmniejszenie skurczu materiałowego,
- zmniejszenie przewodnictwa cieplnego,
- zwiększenie odporności na uderzenia,
- uzyskanie wyrobów o nowych zastosowaniach.



Metody parowania tworzyw

Wyrób otrzymany w procesie porowania może mieć strukturę:



- porowatą w całej masie
- zewnętrzną litą o porowatym rdzeniu



- **porowanie swobodne** (wytłaczanie, odlewanie, pianki PUR, formowanie rozrostowe PS)
- **porowanie do wewnątrz** (wytłaczanie, wtryskiwanie)
- **porowanie częściowe** (współwytłaczanie, wtryskiwanie wieloskładnikowe)



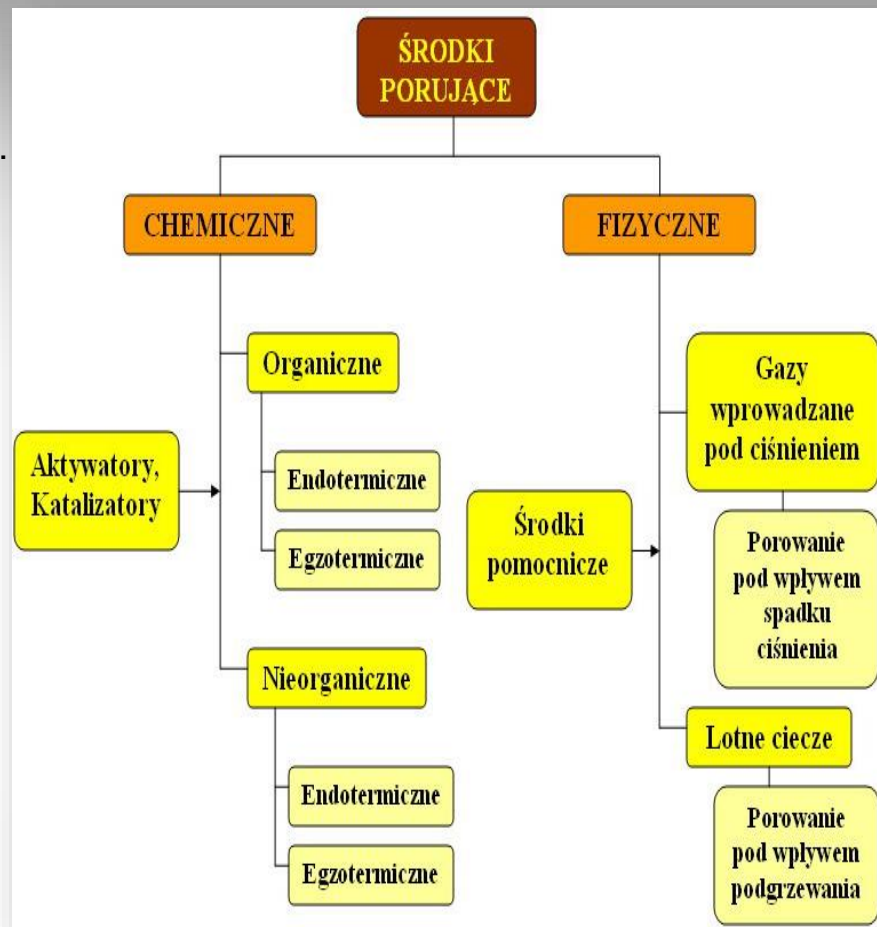
Środki porujące fizyczne i chemiczne

Środki porujące fizyczne (ciecze lub gazy) są substancjami, które w czasie procesu porowania nie zmieniają swojej struktury chemicznej, lecz stan skupienia.

Porofory fizyczne: chloroetyleny, dwuchloroetan, węglowodory i ich pochodne, azot, dwutlenek węgla, izopentan, heptan, dwutlenek węgla

Środki porujące chemiczne (ciała stałe) to związki organiczne lub nieorganiczne, których działanie porujące polega na ich termicznym rozkładzie w tworzywie z wydzieleniem produktów gazowych (CO_2 , N_2)

Porofory chemiczne to: węglany, wodorowęglany, związki azowe, pochodne hydrazyny, tetrazole



Środki porujące chemiczne, przykładowy wygląd



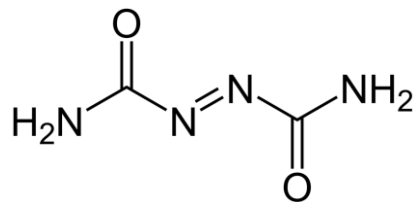
Chemiczne środki porujące

Środki porujące egzotermiczne (porofory egzotermiczne) podczas reakcji rozkładu wydzielają dodatkową energię, zaś zapoczątkowany rozkład przebiega spontanicznie nawet po odcięciu źródła dopływu energii.

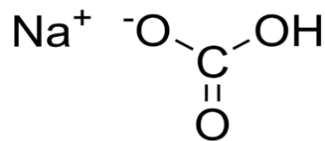
Głównymi przedstawicielami tej grupy są hydrazydy np. sulfohydrazyd i związki azowe na przykład azodikarbonamid.

Środki porujące endotermiczne (porofory endotermiczne) wytwarzanie gazu podczas przetwórstwa kończy się gwałtownie po zakończeniu dopływu energii. W porównaniu z poroforami egzotermicznymi, porofory endotermiczne skracają znacznie czas chłodzenia wyrobu.

Przedstawicielami tej grupy są głównie bikarbonaty np. wodorowęglan sodu, amonowy oraz kwas hydro-ksypropanotrikarboksylowy (kwas cytrynowy).



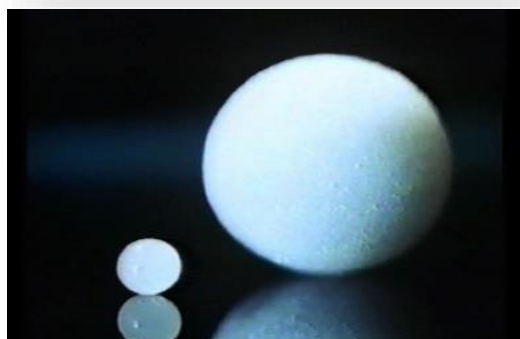
azodikarbonamid



wodorowęglan sodu



Formowanie rozrostowe polistyrenu PS



Cykl procesu formowania rozrostowego PS

Polistyren suspensyjny zawierający środek porujący (pentan)

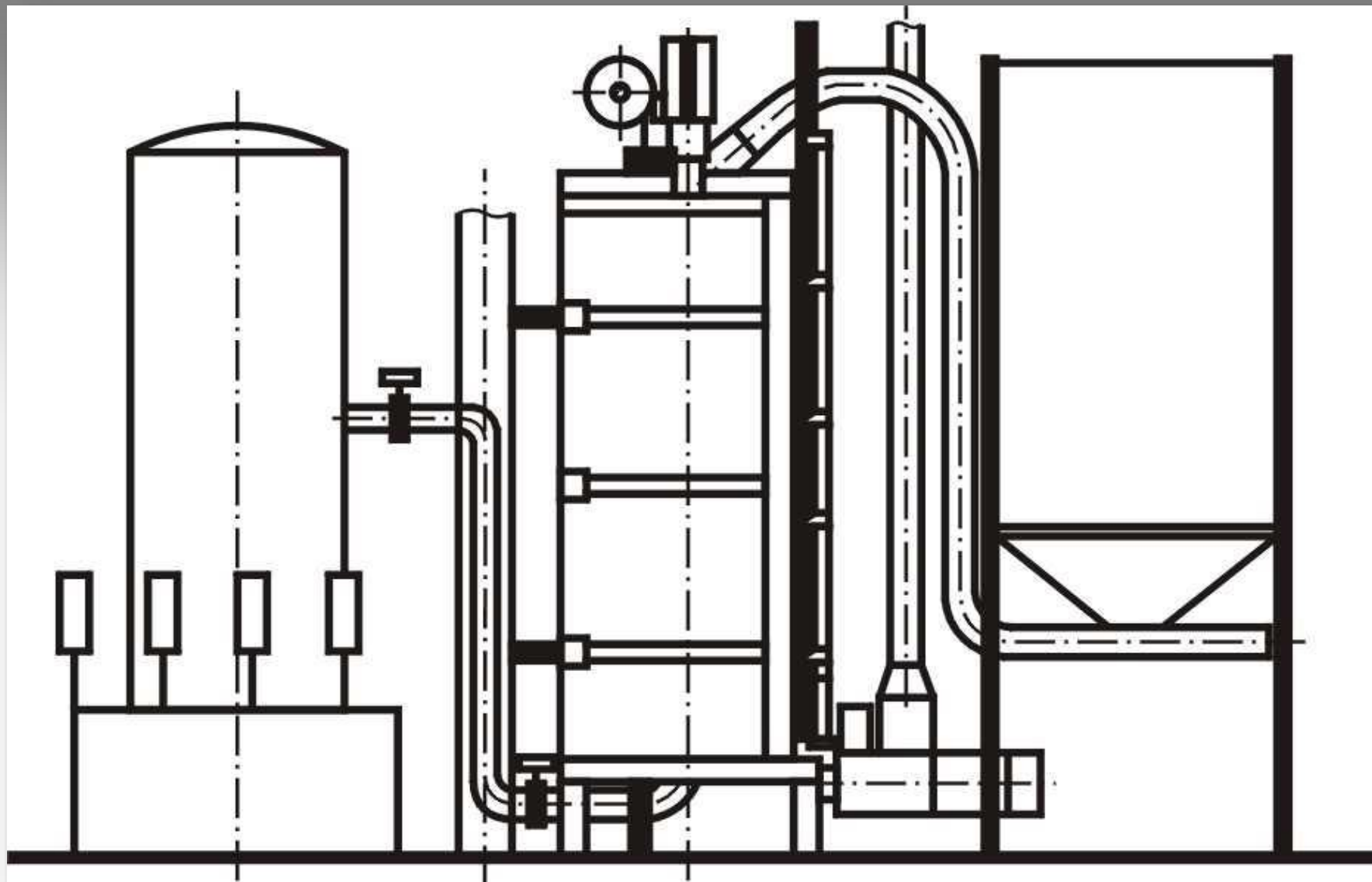
- rozrastanie cieplne wstępne granulek PS, za pomocą pary wodnej
- suszenie i sezonowanie,
- formowanie cieplne ostateczne; bloków, płyt lub kształtek z PS porowatego,
- rozdzielanie cieplne bloków na płyty bądź kształtki





***Wygląd ogólny stanowiska rozrastania wstępnej granulatu PS
oraz automatycznego układu kontroli procesu rozrastania***





Schemat stanowiska technologicznego formowania ostatecznego F-6 firmy Styropex Sp. z o.o., z gniazdem pionowym 3060×1040×520 mm



Układ załadunku bloków



Układ cięcia bloku na rozmiary ostateczne



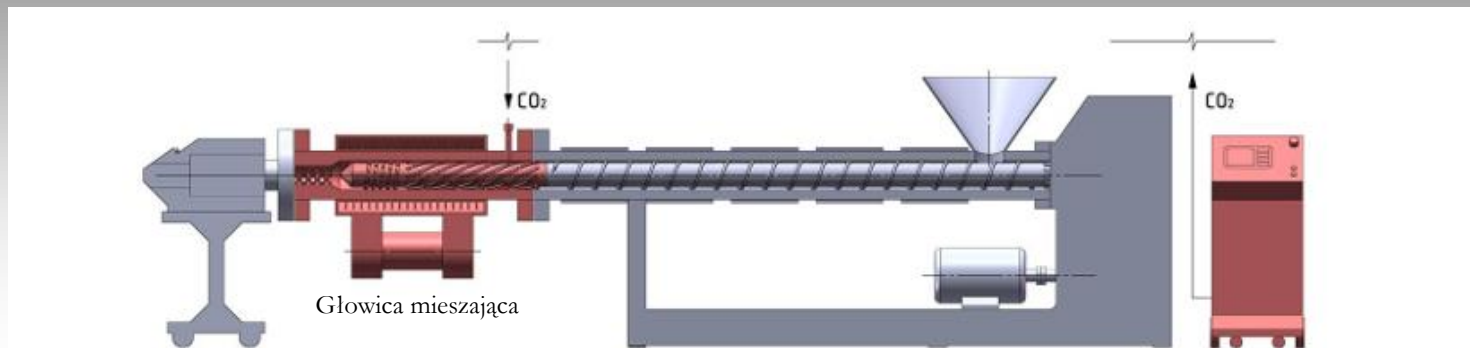
Wygląd ogólny stanowiska pakowania płyt PAK-2



Wygląd przykładowych kształtek z PS porowatego integralnie



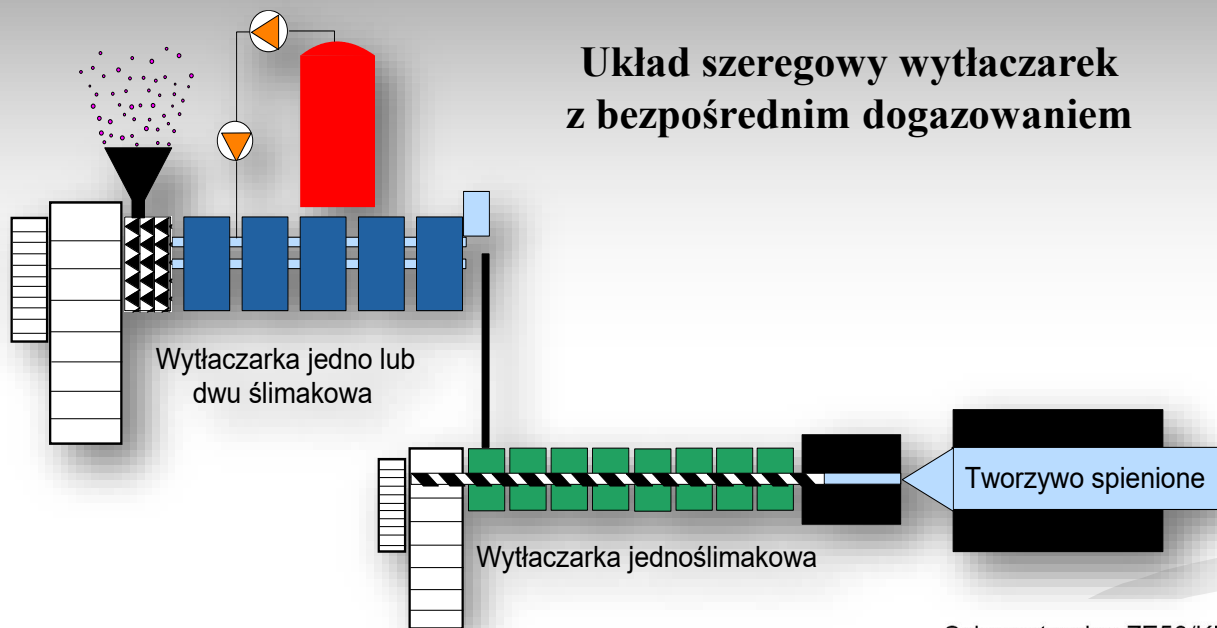
Wytłaczanie porujące fizyczne. Metoda Multifoam



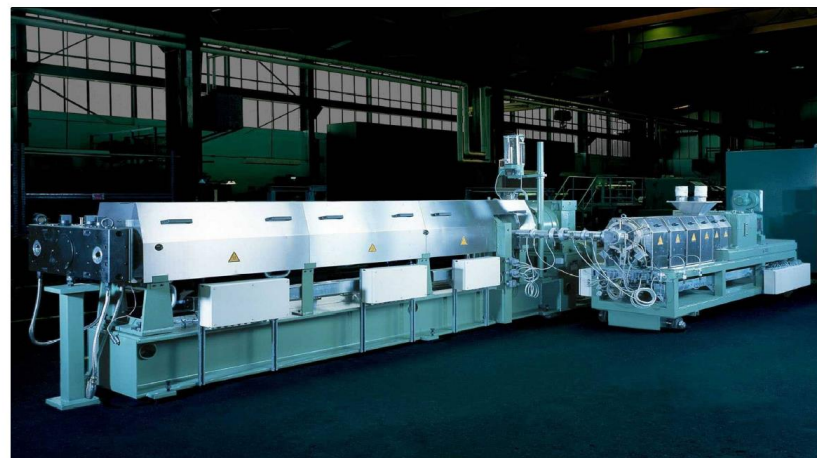
Uplastycznianie tworzywa odbywa się w układzie uplastyczniającym tak jak w metodzie konwencjonalnej a różnica polega na sposobie wprowadzania gazu porotwórczego do tworzywa. W tym przypadku gaz porujący (najczęściej CO₂) dozowany jest pod ciśnieniem do tworzywa w specjalnej głowicy mieszającej.



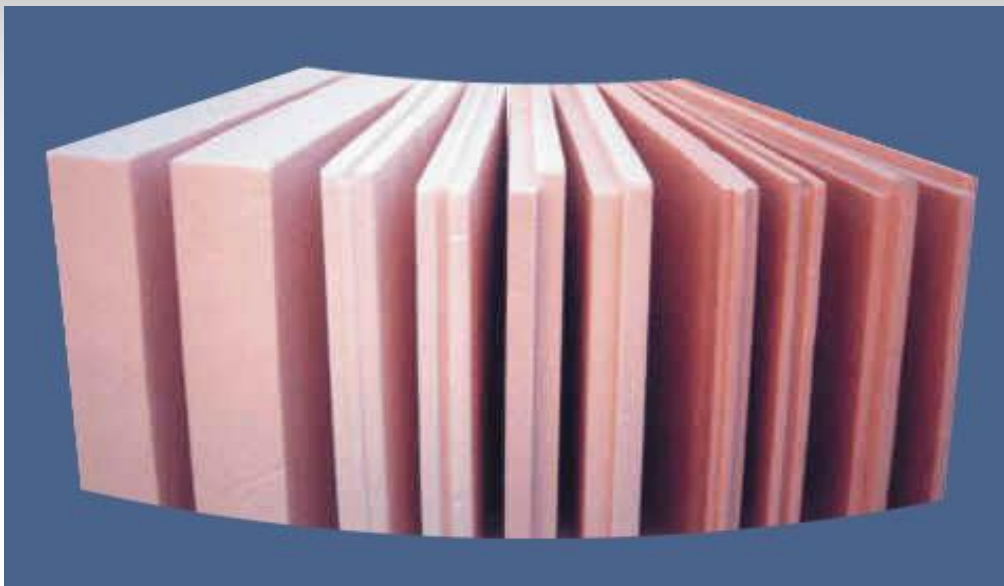
Wytłaczanie porujące fizyczne z dogazowaniem



Schaumtandex ZE50/KE120

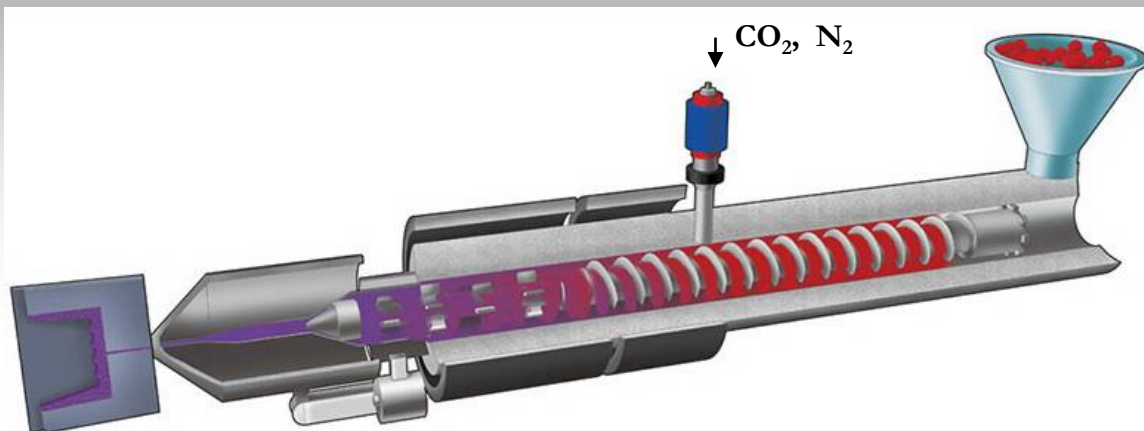


Metodą wytłaczania porującego uzyskuje się kształtowniki, najczęściej płyty, listwy i taśmy

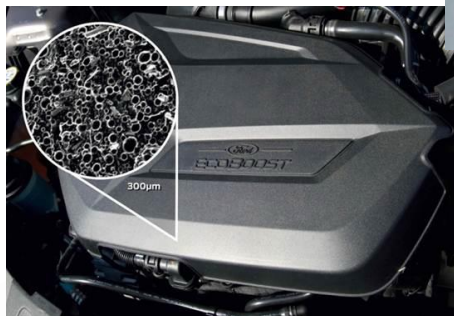
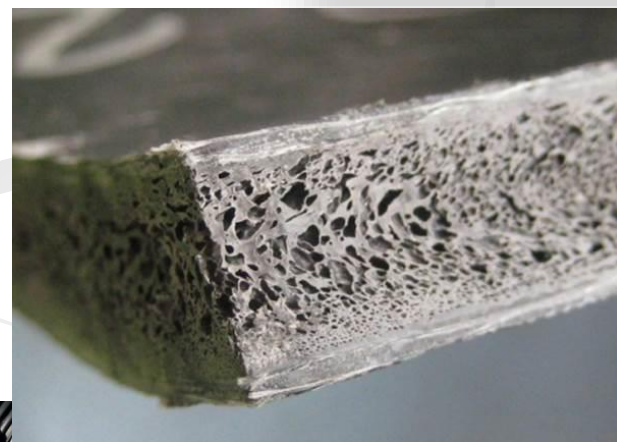


Porównanie do wewnątrz

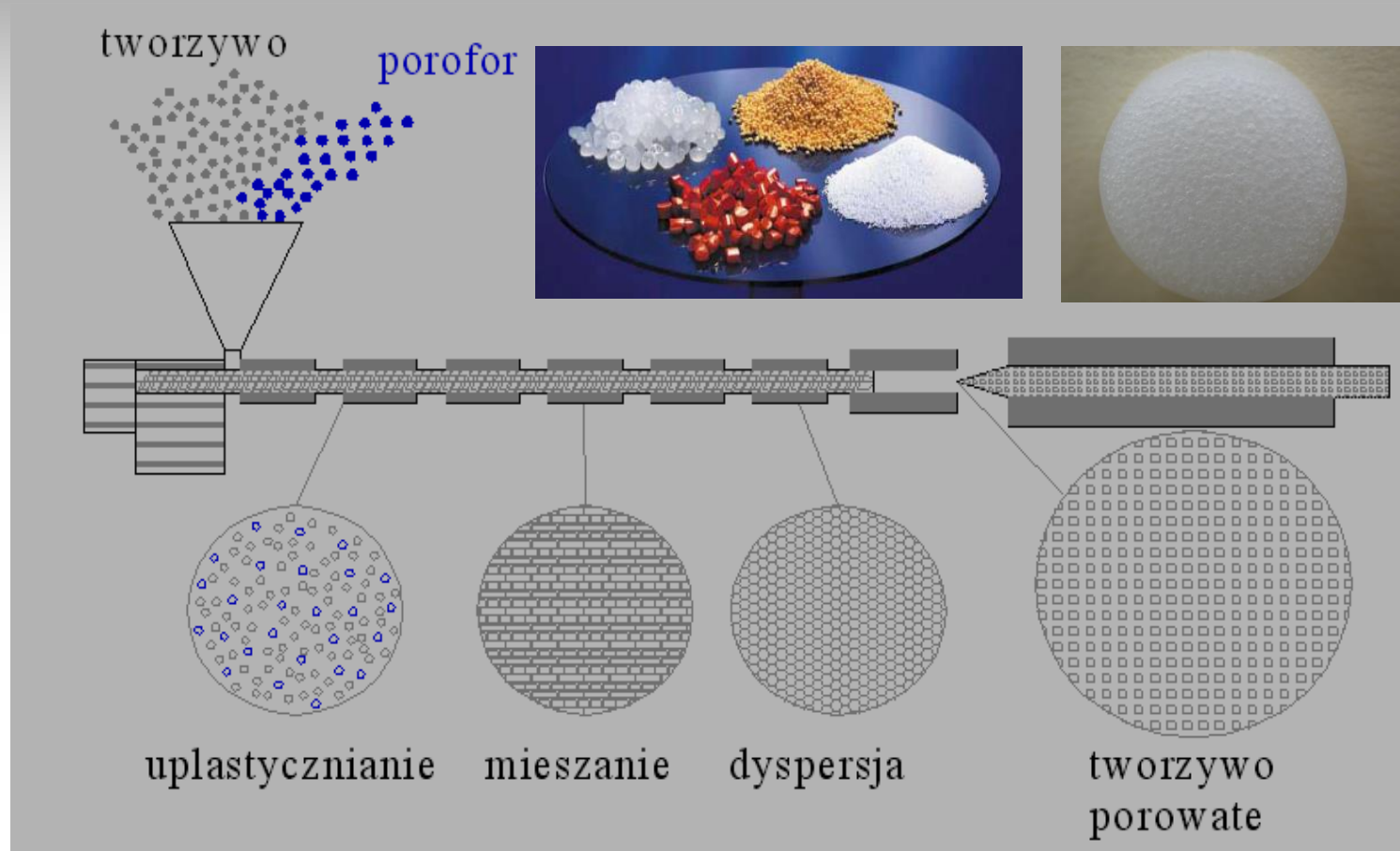
Wtryskiwanie porujące. Metoda Mucell



Metoda opiera się na wytworzeniu w układzie uplastyczniającym wtryskarki mieszanki gazu i tworzywa, który następnie zostaje wtrysnięty do gniazda formy wtryskowej. Po wprowadzeniu tworzywa do formy w wyniku gwałtownego spadku ciśnienia następuje proces nukleacji zarodków przyczyniających się do powstania mikroporów.

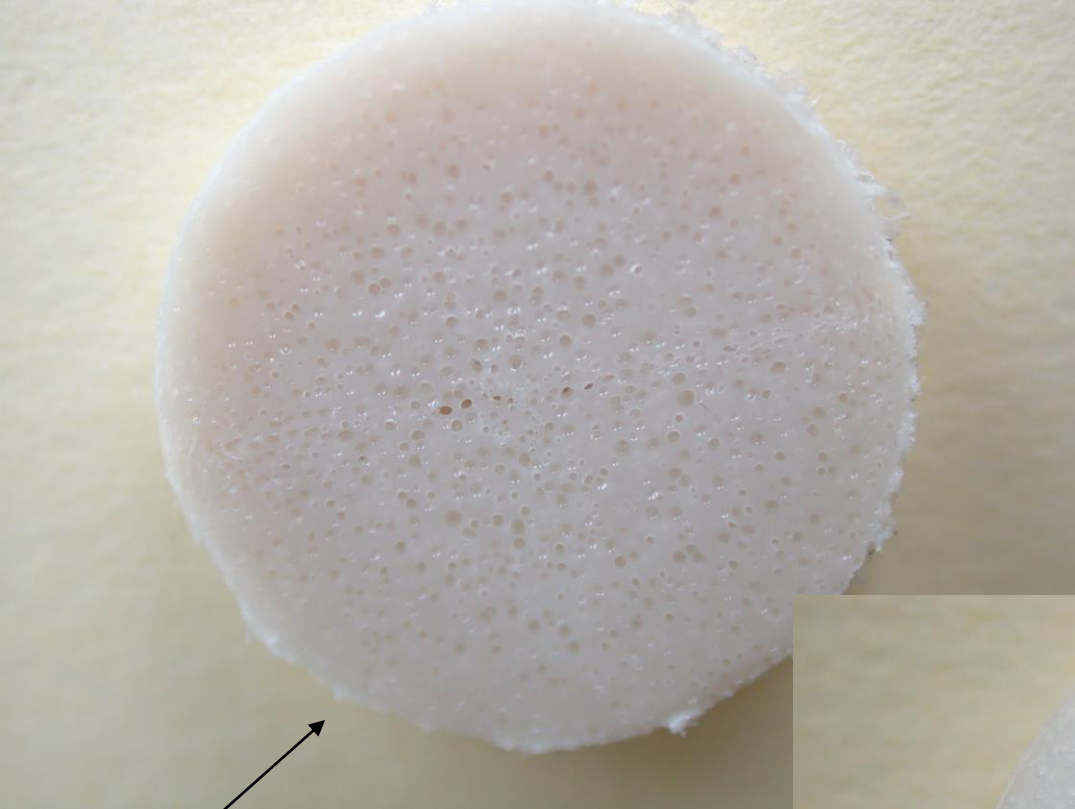


Wyłaczanie porujące z mieszaniem mechanicznym



Tworzywo wraz ze stałymi układami (granulat, proszek) zawierającymi środki porujące, miesza się w sposób mechaniczny, a następnie wprowadza do układu uplastyczniającego maszyny przetwórczej (wyłaczarki, wtryskarki).





Wytłaczanie metodą
porowania swobodnego; PVC

Wytłaczanie metodą
porowania swobodnego; PELD



Wytłaczanie porujące z mieszaniem mechanicznym

Efektywność przetwórstwa wyrobów cienkościennych

- Analiza wydajnościowa wytwarzania produktów porowanych z zastosowaniem środków porujących chemicznie, mających endotermiczny i egzotermiczny charakter rozkładu.
- Zmniejszenie kosztów materiałowych, energetycznych wytwarzania.
- Możliwości technologiczne wytworzenia nowych produktów.
- Nowe właściwości użytkowe.
- Nowe obszary zastosowań produktów.



Efektywność przetwórstwa wyrobów cienkościennych

Wybrane charakterystyki stosowanych chemicznych środków porujących, przykłady

Nazwa	Temperatura początku rozkładu, °C	Temperatura przetwarzania °C	Zawartość w tworzywie, %, mas	Charakter rozkładu
Hostatron P 1941	160	170-200	0.2-2.5	endotermiczny
Ly-Cell A022	150-155	175-200	0.5-1.5	endotermiczny
Hydrocerol BIH 70	140-150	180-210	0.3-1.5	endotermiczny
Hydrocerol PLC 751	170	170-190	0.5-2.5	egzotermiczny
Adcol-blow PE-X1020	135-145	135-145	0.2-2.0	egzotermiczny
Hydrocerol 530	170	170-190	0.5-2.5	egzotermiczny



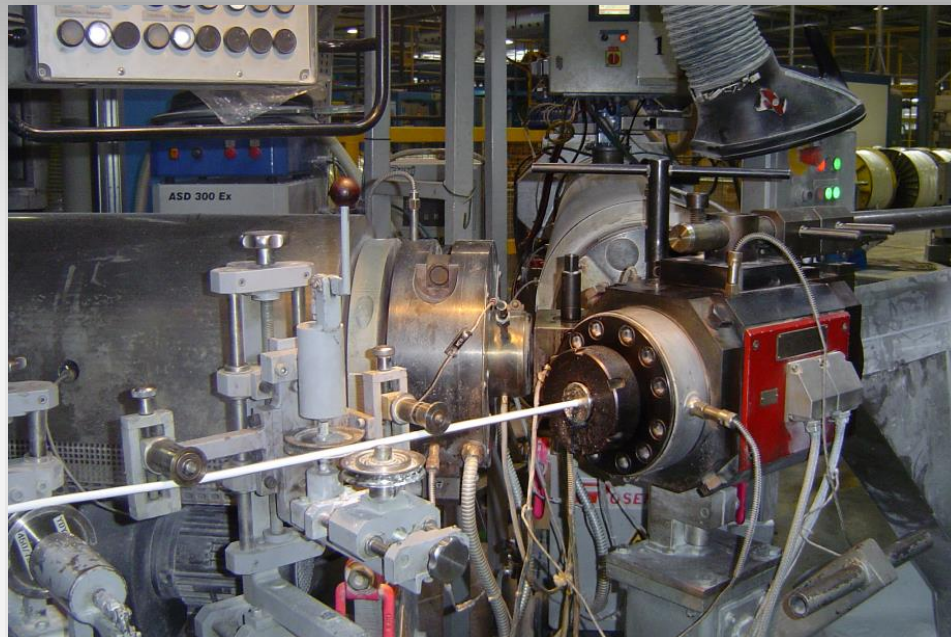
Wygląd środków porujących chemicznie, przykład:

a) Hydrocerol BIH 70, b) Hydrocerol PLC 751



Przykłady wytworzonych wyrobów

Porowane powłoki kabli elektrycznych



Wygląd powłoki dwuwarstwowej kabla typu YDY 2x1,5 mm² wytwarzanego w przedsiębiorstwie NKT Cables S.A.
Powłoka z PVC, z zawartością środka porującego 0,8%.

Sposób wytwarzania powłoki polimerowej. Patent polski nr 208 451

Kabel elektryczny. Patent polski nr 215 154

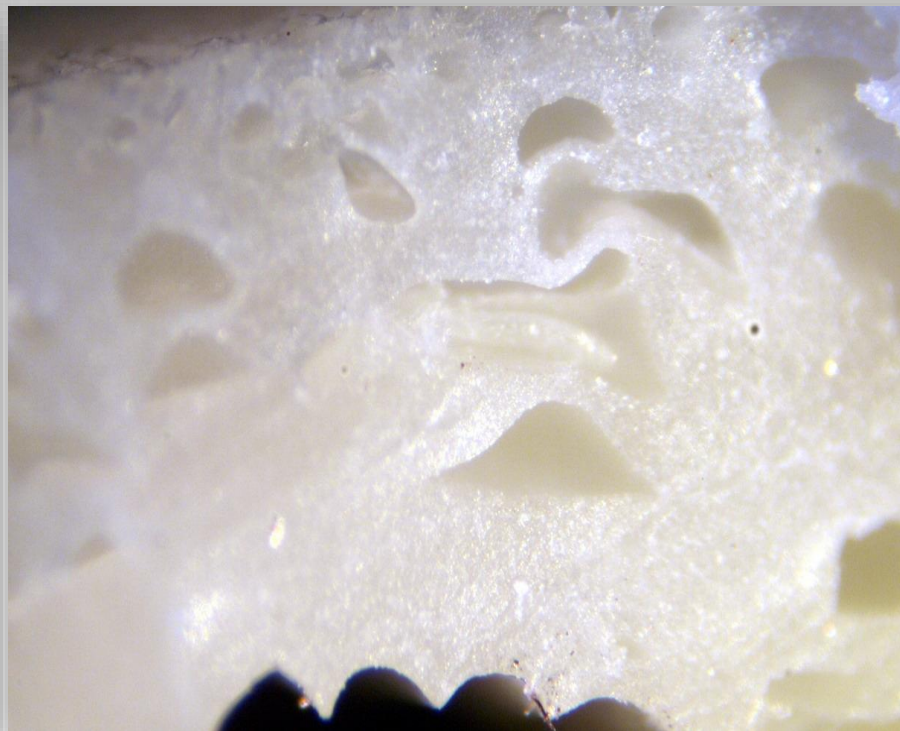
Cienkościenna powłoka porowata. Patent polski nr 216 419



Struktura wyrobów porowatych



Wygląd mikrostruktury powłoki warstwowej,
zawierającej środek porujący w ilości 0,6% mas,
powiększenie x 200

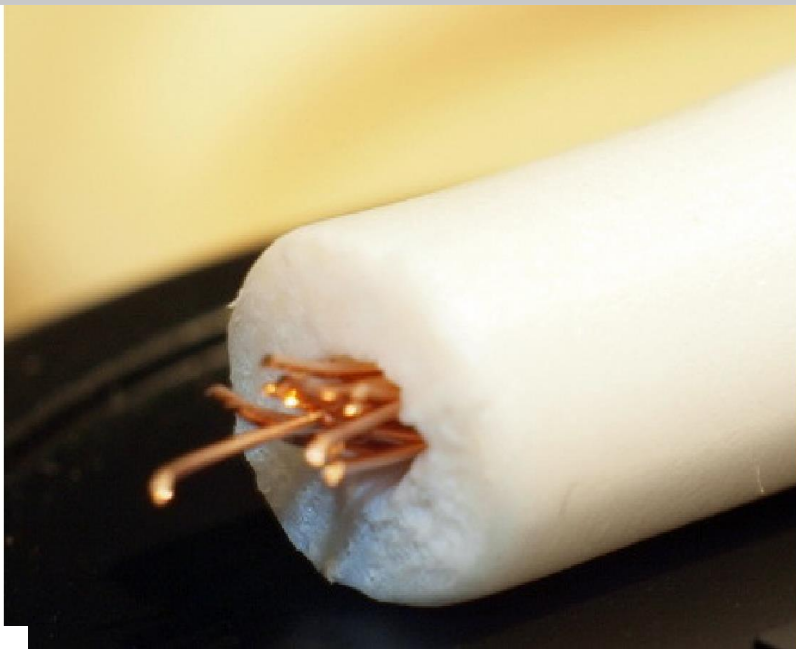


Wygląd mikrostruktury powłoki jednowarstwowej,
zawierającej środek porujący w ilości 0,4% mas,
powiększenie x 200



Przykłady wytworzonych wyrobów

Porowane powłoki kabli samochodowych



Rys. 4.63. Wygląd fragmentu otrzymanego kabla przy zastosowaniu układu porującego (Hydrocerol PLC 751) w ilości 0,6% masowych



Wygląd wytwarzanego kabla samochodowego niskiego napięcia FLRYW-A, przedsiębiorstwo „Fabryka kabli MANEX„. Powłoka z PVC, grubość 0,30-0,35 mm



Struktura wyrobów porowatych



Struktura powłoki kabla YDYp zawierającej
środek porujący w ilości: 0,6%, przekrój
wzdłużny i poprzeczny



Przekrój poprzeczny i wzdłużny wytworzonej powłoki porowatej kabla YDYp 3x1,5 mm², przedsiębiorstwo "Zakład produkcji kabli Eltrim"

Struktura powłoki kabla YDYp
zawierającej środek porujący w ilości:
0,2%, przekrój wzdłużny



Przykłady wytworzonych wyrobów

Porowane powłoki drutu siatki ogrodzeniowej

Drut stalowy o powłoce dwuwarstwowej, mającej warstwę wewnętrzną porowatą oraz warstwę zewnętrzną lita, charakteryzujący się średnicą zewnętrzną 3,80 mm i grubości powłoki $0,70 \div 0,80$ mm.

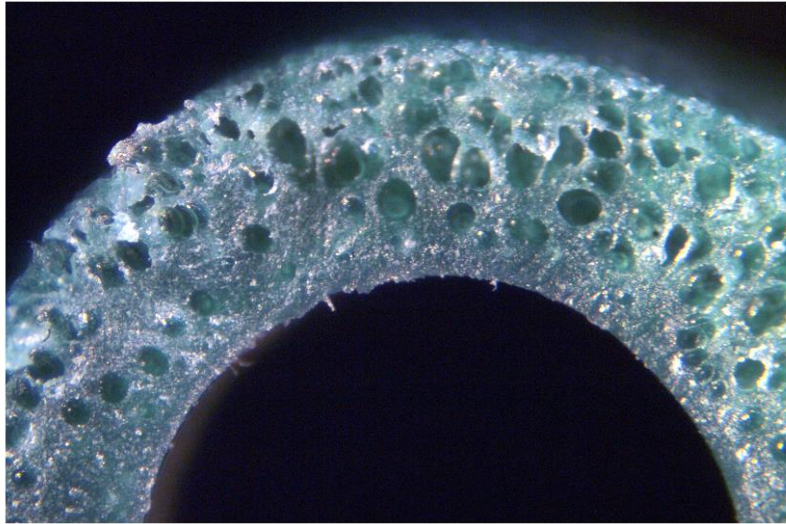


Wygląd powłoki dwuwarstwowej siatki ogrodzeniowej wytworzonej w przedsiębiorstwie **Betafences Sp. z o.o.**

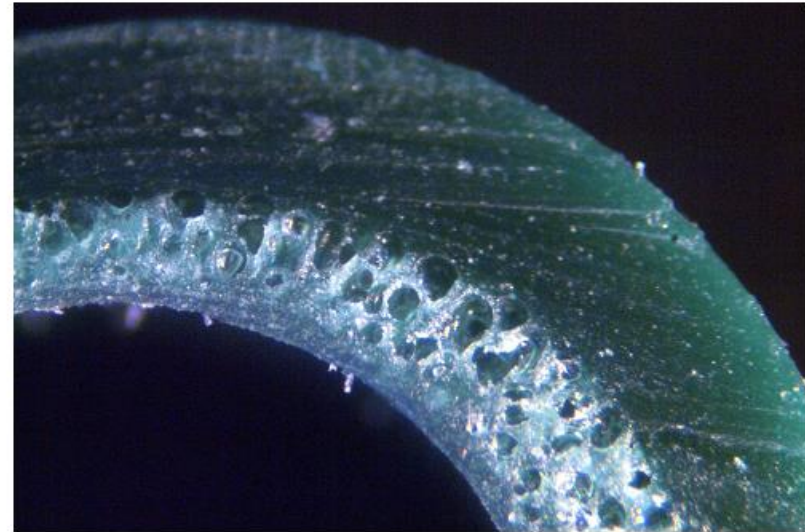
Siatka ogrodzeniowa oczkowa. Wzór przemysłowy nr 13203,
Sposób wytwarzania powłoki polimerowej. Patent polski nr 208 451.
Termoplastyczna powłoka wielostrefowa. Patent polski nr 210 229.



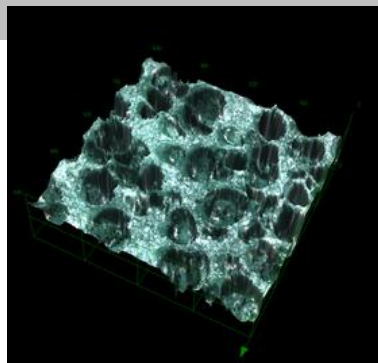
Struktura wyrobów porowatych



Wygląd mikrostruktury powłoki porowatej jednowarstwowej zawierających środek porujący Hydrocerol 530 w ilości 0,2 % mas.



Wygląd powłok jedno i dwuwarstwowej siatki ogrodzeniowej wytworzonej w przedsiębiorstwie **Betafences Sp. z o.o.**, grubość powłoki **0,70±0,80 mm**.



Wyroby porowate - podsumowanie

- Wytworzone wyroby porowate mające litą powierzchnię zewnętrzną oraz porowaty rdzeń, lub mające strukturę porowatą w całej objętości, o **stopniu sporowacenia prawie do 50 %**. Największy przyrost ilości porów zachodzi przy zawartości środka porującego w tworzywie w zakresie **od 0,5% do 1,0% mas.**
- **Środki porujące chemiczne**, mające egzotermiczny lub endotermiczny charakter rozkładu, ulegając rozkładowi podczas procesu porowania, powodują zwiększenie objętości tworzywa, a w rezultacie **zmniejszenie jego gęstości nawet o 40%.**



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

CHARAKTERYSTYKA WYROBÓW POROWATYCH Z TWORZYW POLIMEROWYCH

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Technologii i Przetwórstwa
Tworzyw Polimerowych
dr hab inż. Tomasz Garbacz

Projekt „Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo
Nauki
i Szkolnictwa
Wyższego

