

**POLI  
[TECH] >  
NIKA**

**Politechnika  
Częstochowska**



**Wydział Inżynierii  
Mechanicznej i Informatyki**

# Szybciej, Taniej, Lepiej

Innowacyjne Technologie w Przetwórstwie Tworzyw Sztucznych



**Targi Kielce**  
exhibition & congress centre



Tomasz Stachowiak dr inż.

## **Plan prezentacji :**

**Przetwórstwo tworzyw sztucznych jako gałąź przemysłu**

**Przetwórstwo tworzyw sztucznych jako obszar kreatywności oraz innowacyjności**

**Technologie**

**Materiały, napełniacze,**

**Narzędzia, materiały stosowane do wytwarzania narzędzi, powłoki**

**Narzędzia stosowane do wytwarzania form wtryskowych,**

**Maszyny, peryferia, roboty**

**Symulacje komputerowe,**

**Rozszerzona rzeczywistość**

**Kooperacja i komunikacja!**



## Przetwórstwo tworzyw sztucznych jako gałąź przemysłu

### ŚWIAT

2016	2017	2018	2019	2020
335	349	359	368	367

mln. ton



### EUROPA



2016	2017	2018	2019	2020
60	64,4	61,8	57,9	55

mln. ton

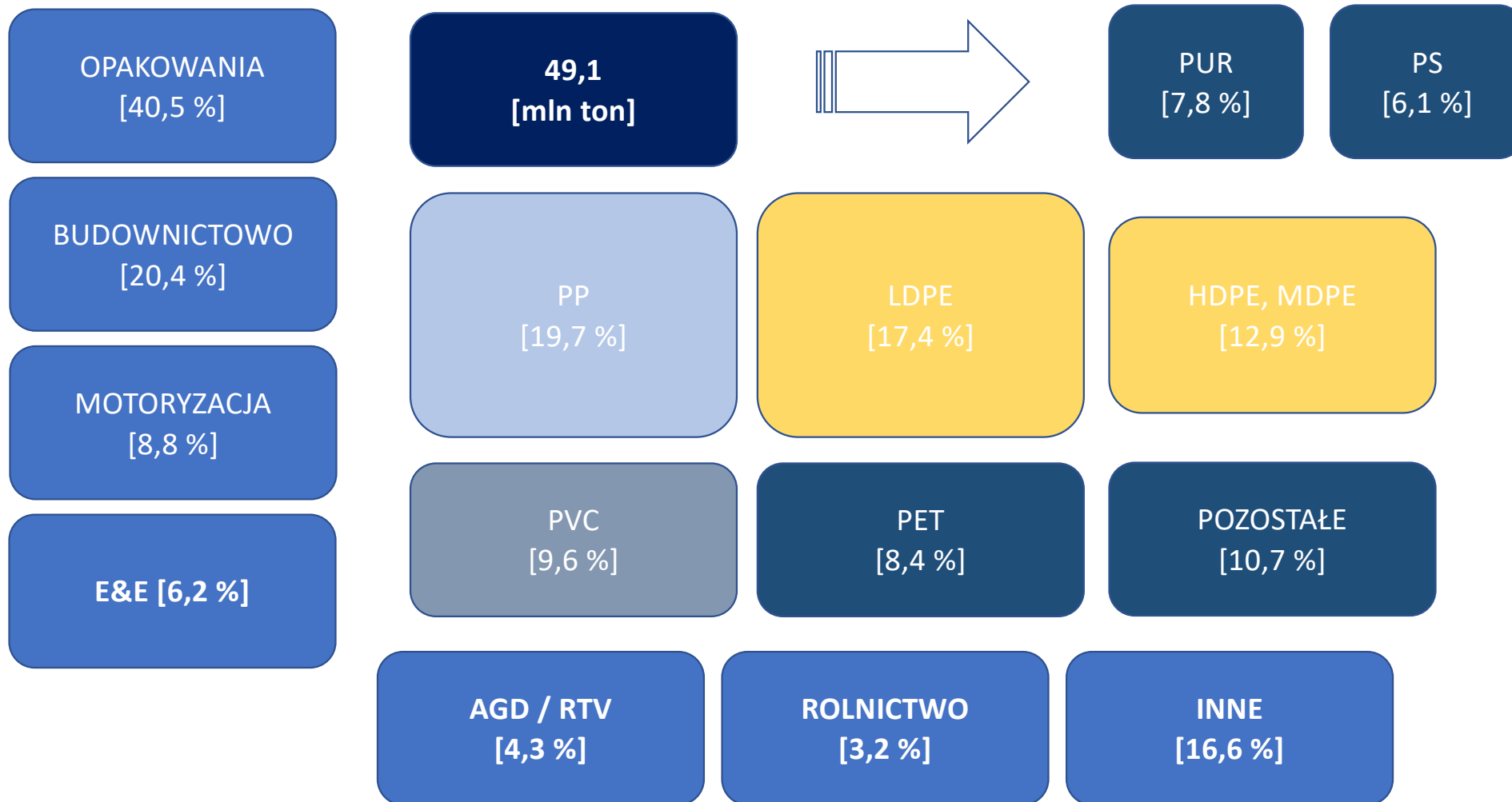


## Przetwórstwo tworzyw sztucznych jako gałąź przemysłu

CHINY	32 %
NAFTA	19 %
AZJA (z wyłączeniem CHIN)	17 %
EUROPA	15 %
AFRYKA i BLISKI WSCHÓD	7 %
AMERYKA ŁĄCZIŃSKA	4 %
JAPONIA	3 %
WNP	3 %

367 mln ton



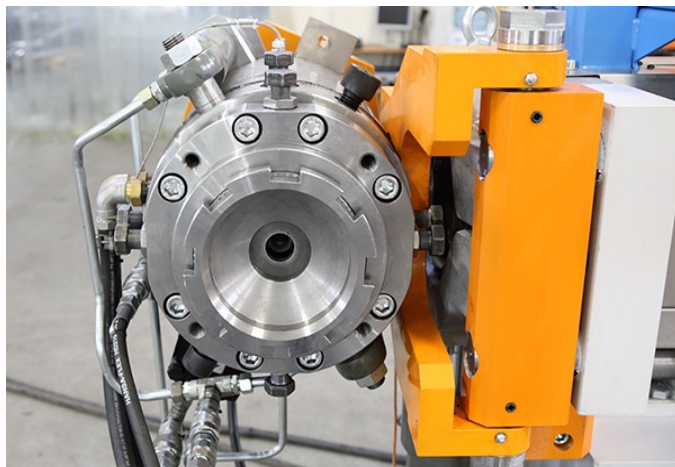


## Przetwórstwo tworzyw sztucznych to nie tylko materiały , to również technologie

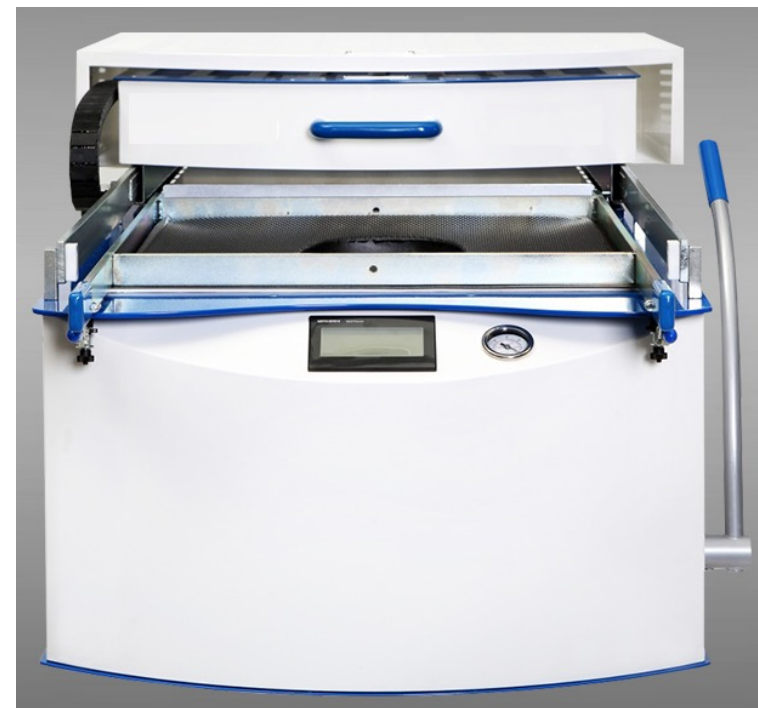
Wtryskiwanie



Wytłaczanie



Termoforomowanie



## Przetwórstwo tworzyw sztucznych jako gałąź przemysłu... Bardzo elastyczna i innowacyjna

Od mega gabarytu



140 kg

ENGEL duo 5500 with a clamping force of 55,000 kN



Do detali niewidocznych gołym okiem

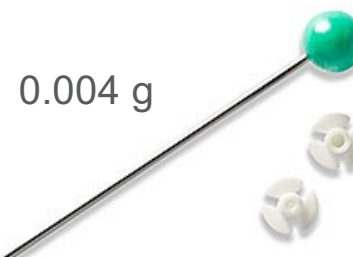
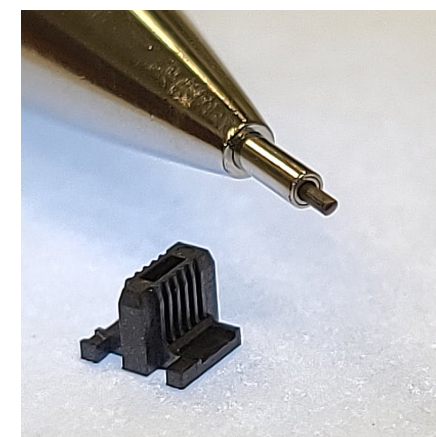


ITALTECH MSK 8000

i całego spektrum pomiędzy



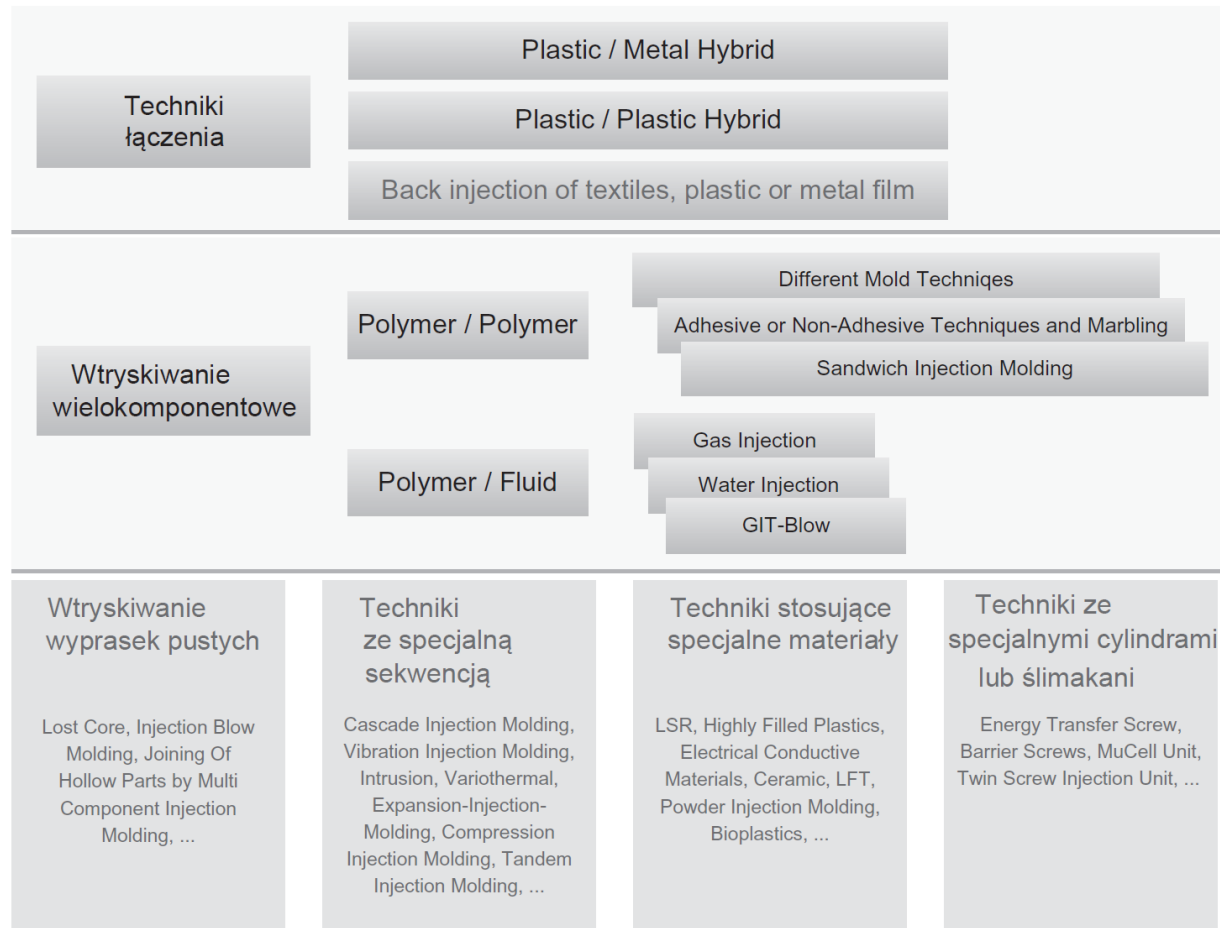
0.008 g



0.004 g

6500T Injection Moulding Machine trident

## Schematyczna ilustracja specjalnych metod formowania wtryskowego



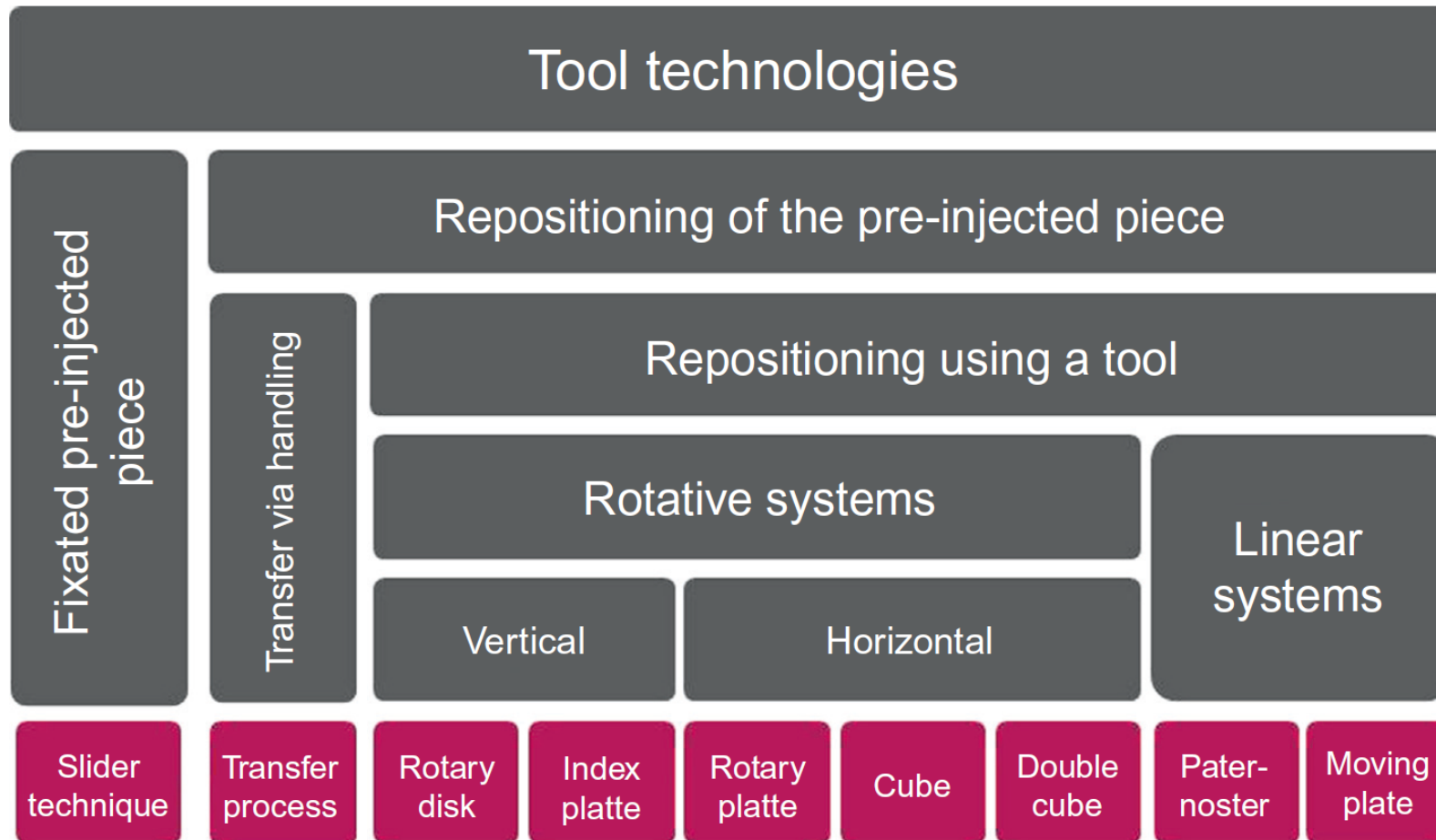


Skrzynka morfologiczna do rozróżniania specjalnych technik formowania kompozytów plastyczno-plastikowych.

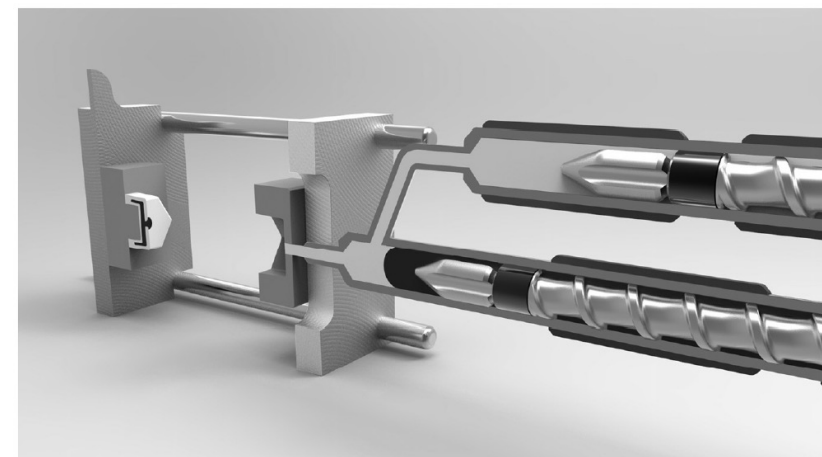
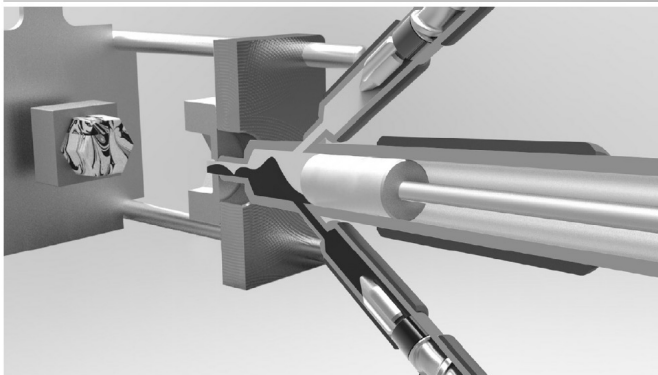
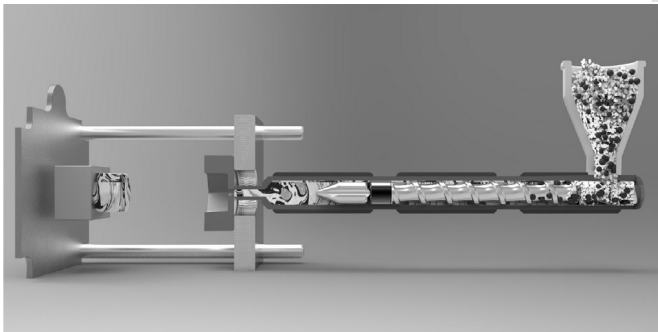
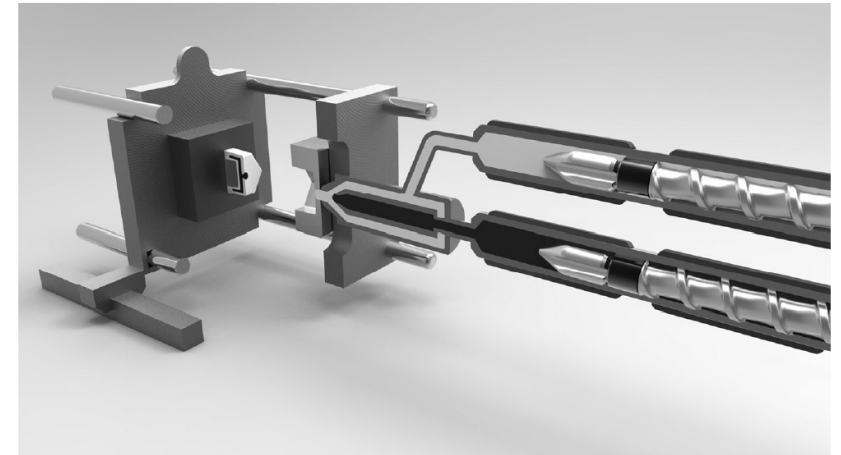
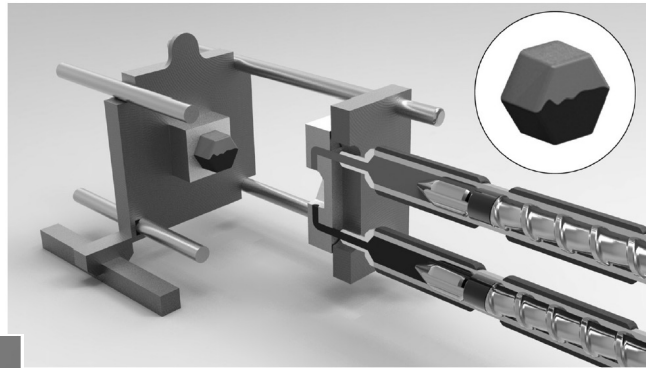
Criteria	Realization						
1. Material combination	Compatible materials				Incompatible materials		
2. Point of material joining	Dosage unit	Barrel in front of the screw			Runner system	Cavity	
3. Injection sequence	Sequential				Simultaneous		
4. Tool technologies	Standard tooling technology	Slider technology	Transfer technology	Rotary disk	Index plate	Linear tooling systems	Horizontal turning technologies



Klasyfikacja technologii narzędziowych.

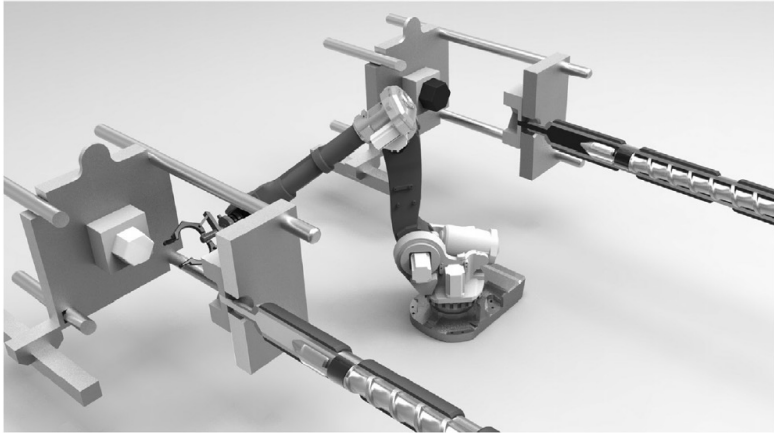


## Bi-injection technology

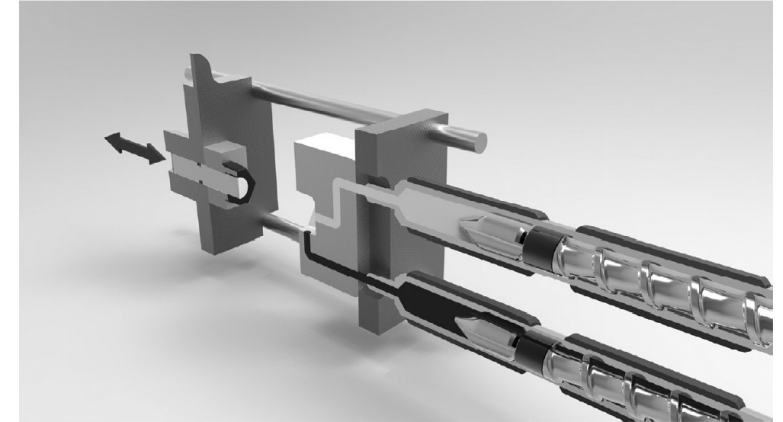


Tradycyjna technika kanapkowa (góra) i monosandwich (dół)

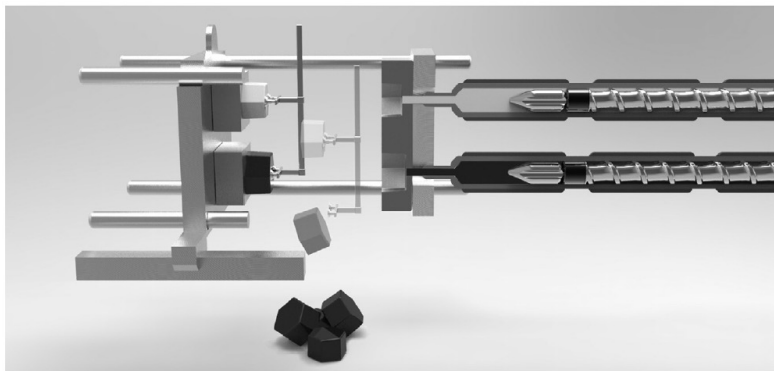




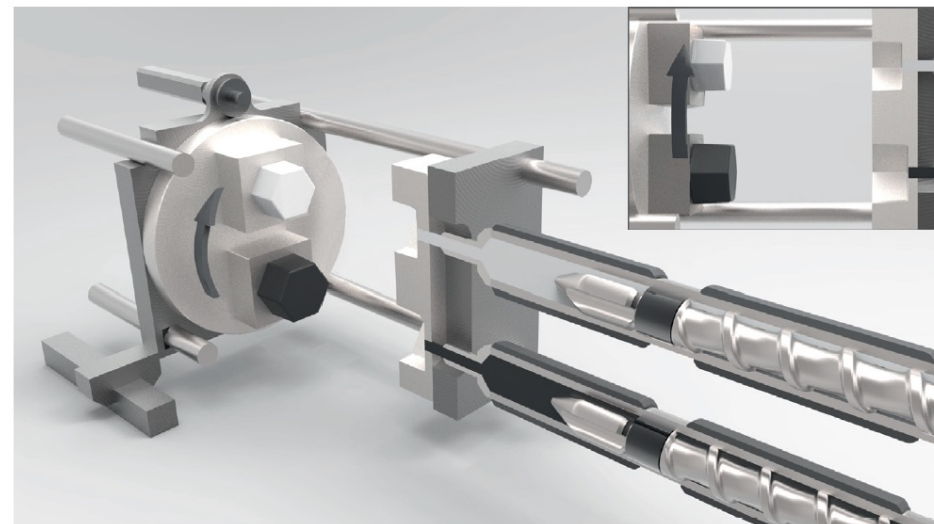
Formy obrotowe

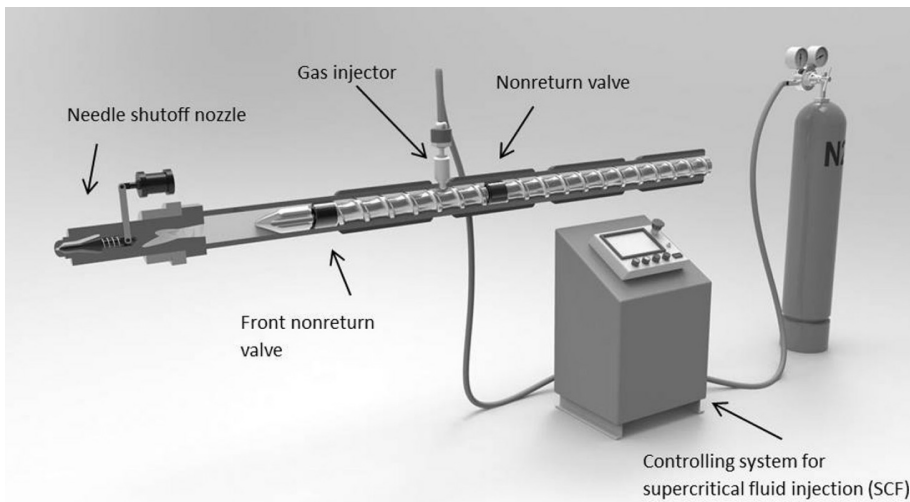
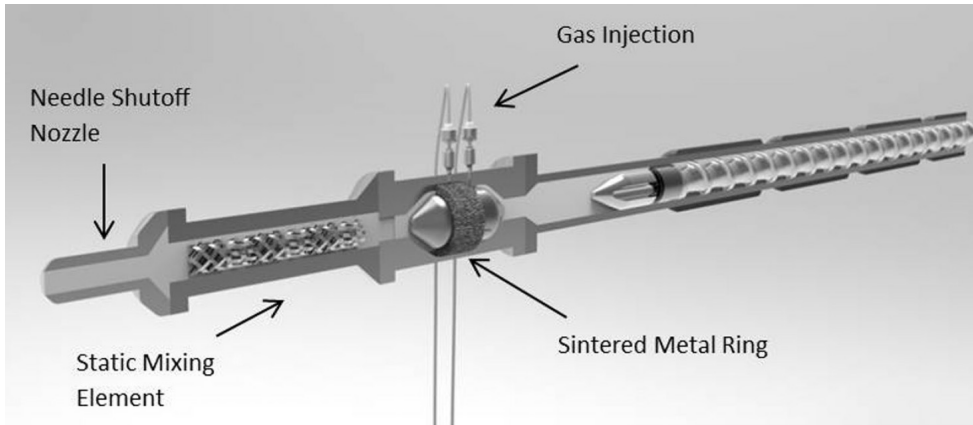


Technika cofającego się rdzenia

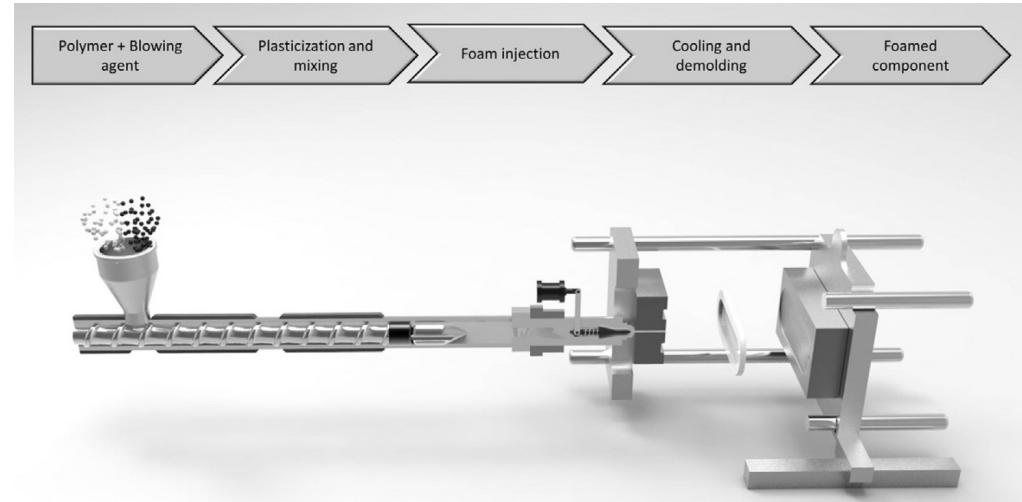


Technika relokacji (dół) i technika z insertem (górze)

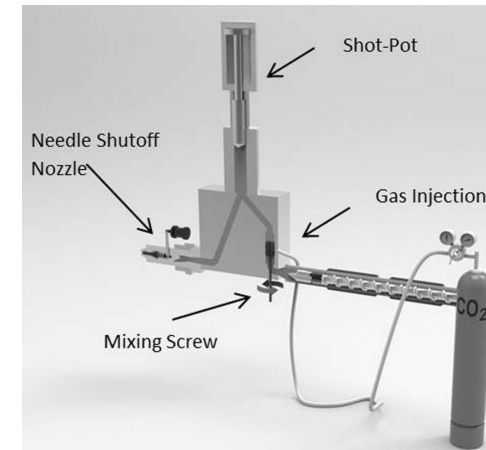




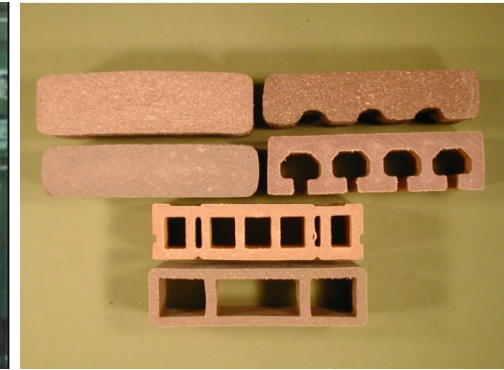
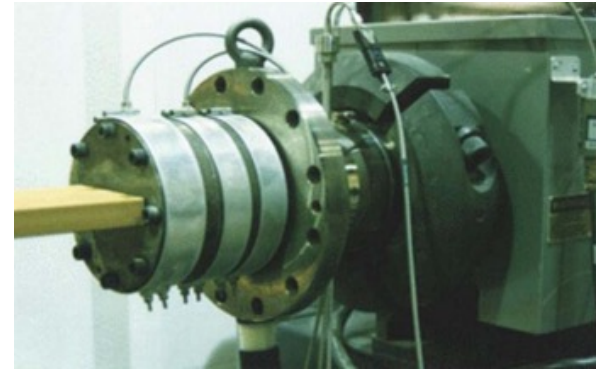
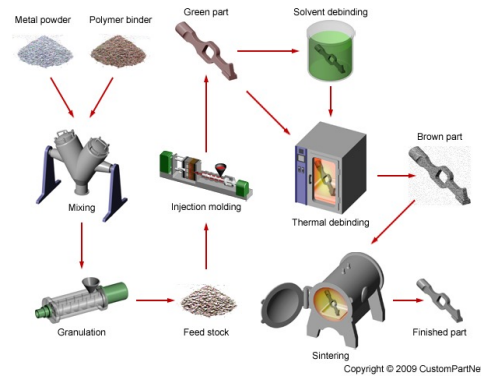
Schematyczna ilustracja techniki MuCells do spieniania termoplastów



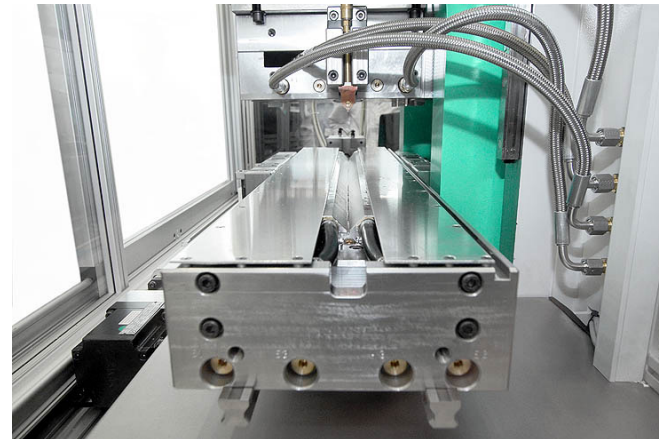
Prosty opis łańcucha technologicznego formowania wtryskowego pianki z chemicznymi środkami porotwórczymi



## Wtryskiwanie proszków metalicznych



WPC

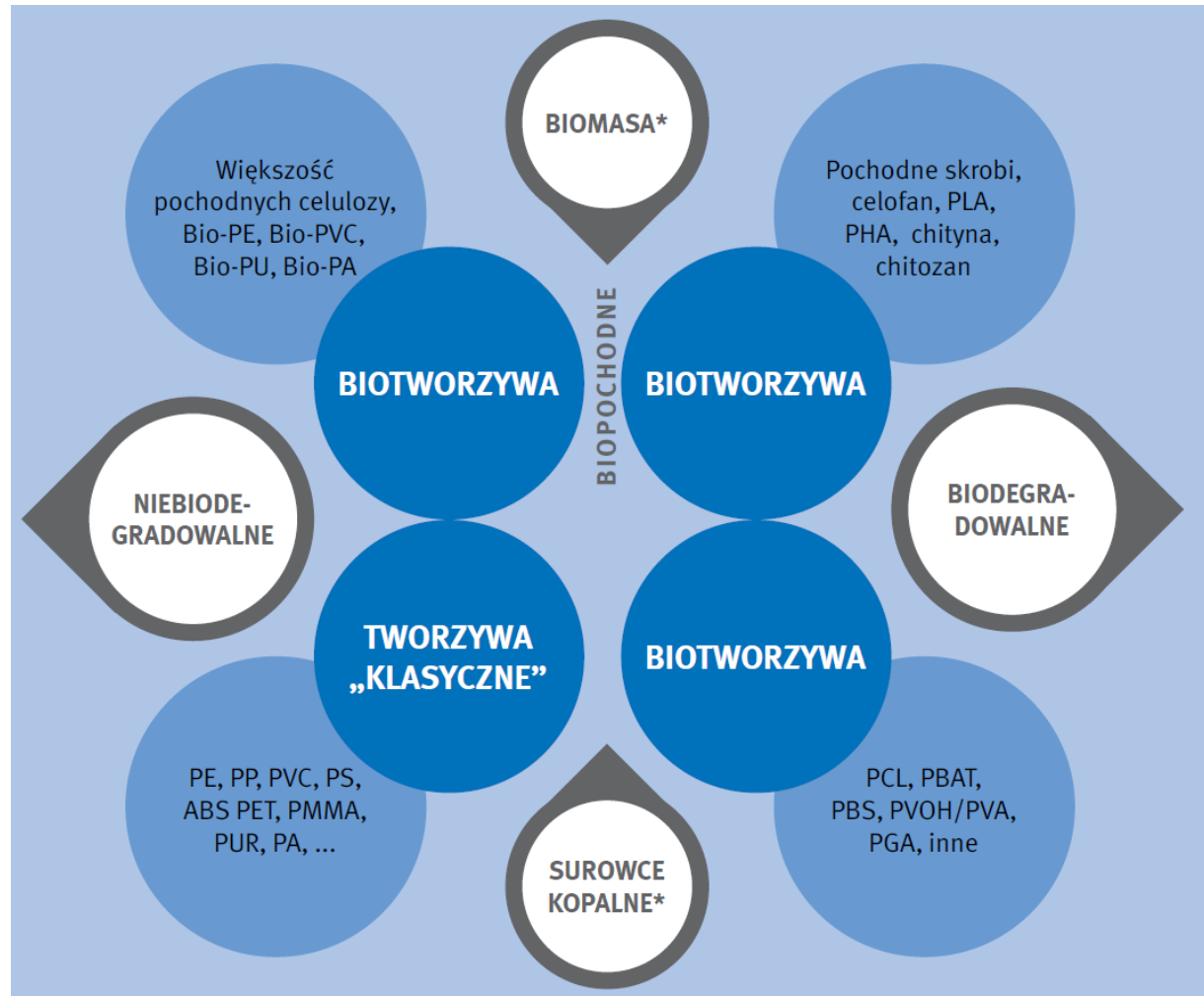
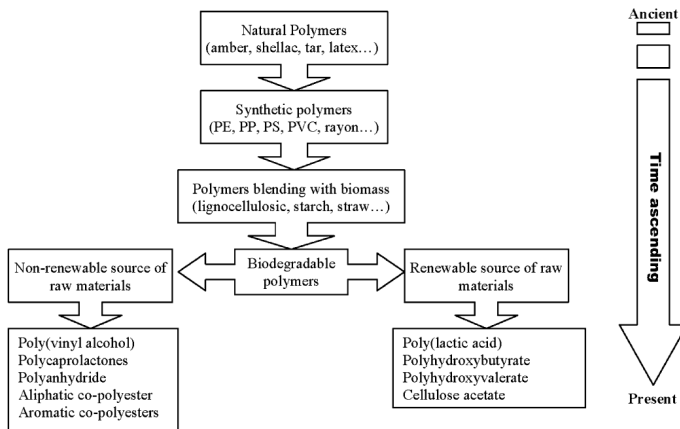


Fibre Direct Compounding

Technologia Exjection



## Materiały, napelniacze Sposoby ich wytwarzania



Modyfikacja właściwości polimerów to z jednej strony tworzenie nowych kompozycji chemicznych, modyfikacji fizycznych ale również lepsza kontrola lub rozkład masy cząsteczkowej

# Polimery

Homopolimery  
Kopolimery  
Terpolimery

Mieszanki i  
kompozyty polimerowe

Polimery unimodalne  
Polimery bimodalne

## HOMOPOLYMERS



## COPOLYMERS

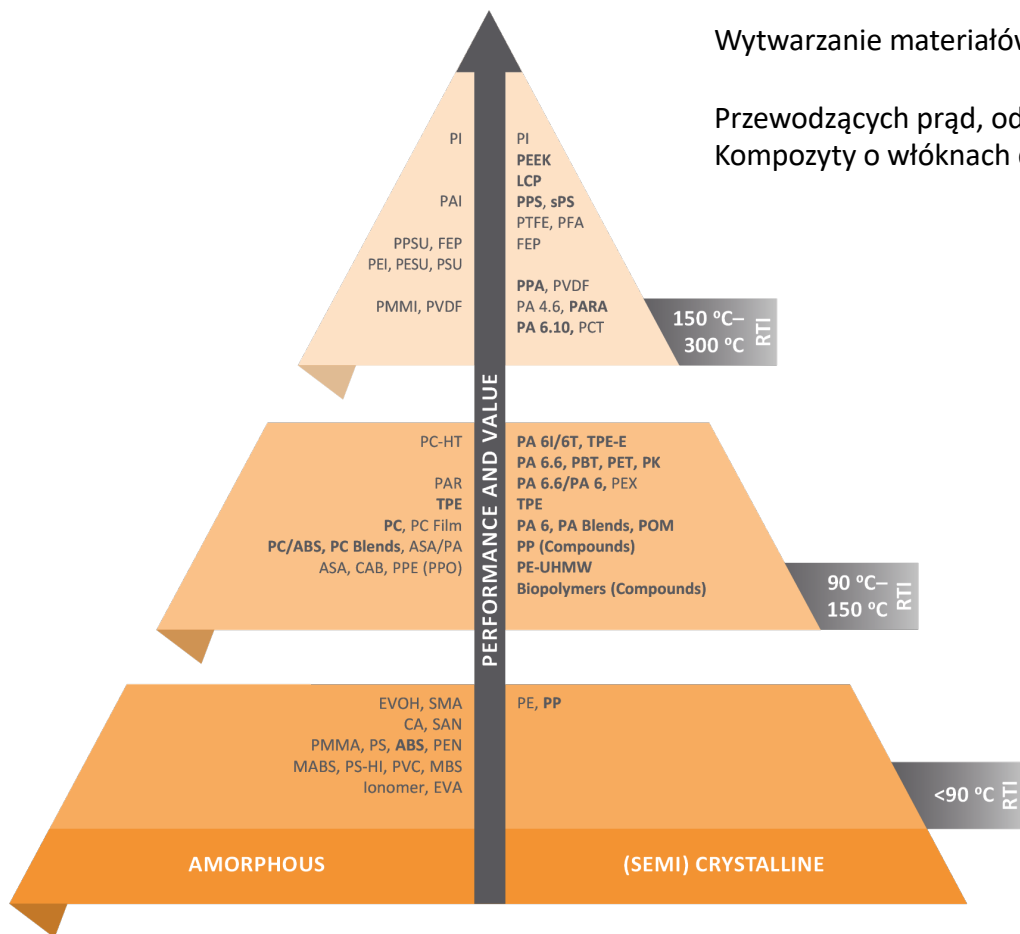




## Compoundowanie – mieszanie ale jakby inaczej

Wytwarzanie materiałów oraz kompozytów polimerowych o zadziwiających właściwościach

Przewodzących prąd, odpornych chemicznie, o właściwościach mechanicznych lepszych niż metale...  
Kompozyty o włóknach długich lub ciągłych



PA 66 + 60% VLF  
Seat Belt Tensioner Housings



RADIATORY



## Compoundowanie – mieszanie ale jakby inaczej

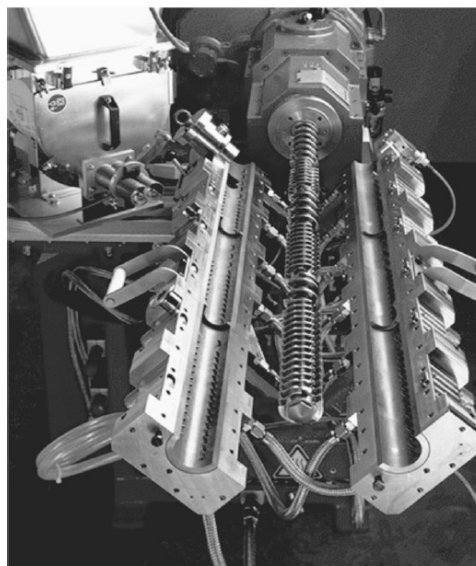
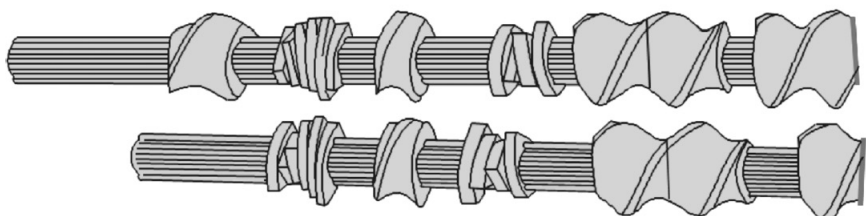


Belka skrętna samochodu osobowego – metalowa i jej odpowiednik wykonany z PA z włóknem szklanym 50%

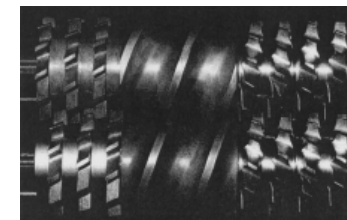


Wszystko okraszone niepowtarzalnymi kolorami ,  
z tworzywami nie ma rzeczy niemożliwych

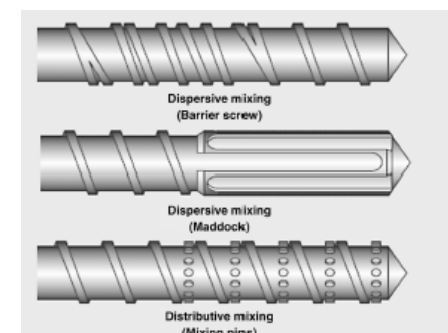
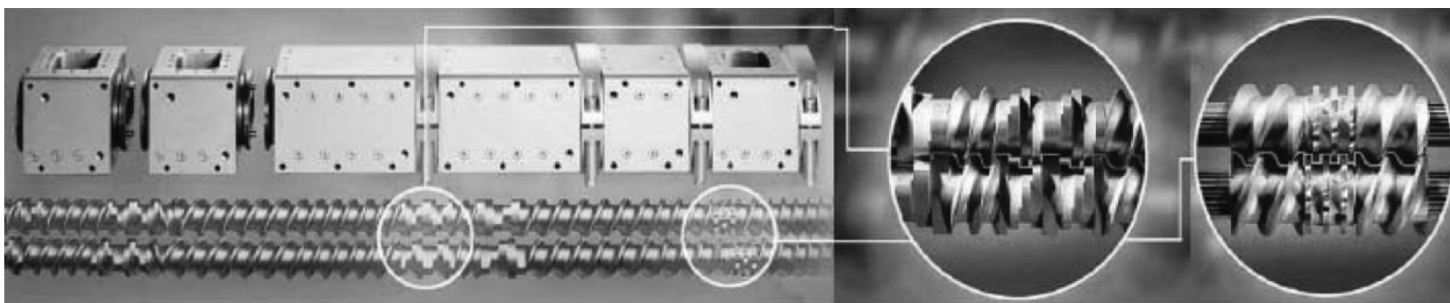
## Compoundowanie – mieszanie ale jakby inaczej



Typowy układ elementów mieszających przekładni Berstorff zmontowanych na wylączarce dwuślimakowej ZE90

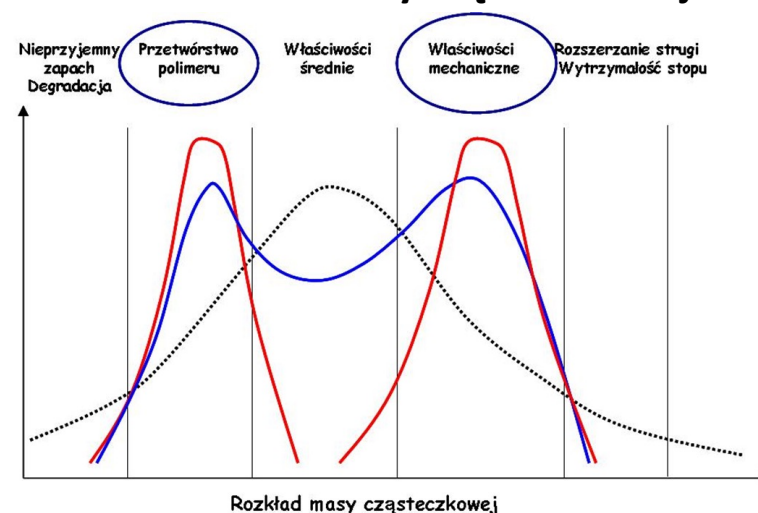
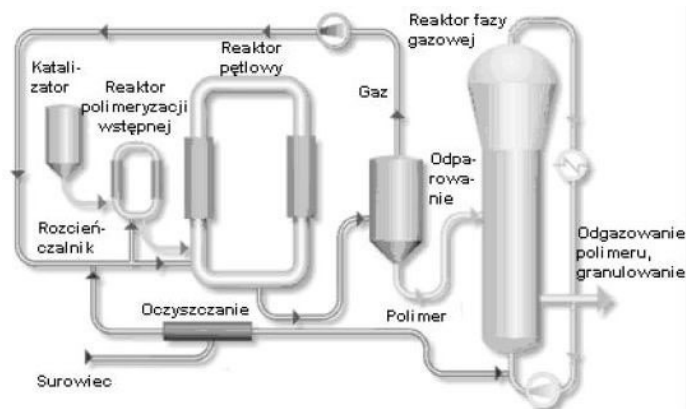


Przykłady elementów ślimaka i konfigurowalna konstrukcja ślimaka



## Modyfikacja właściwości polimerów to z jednej strony tworzenie nowych kompozycji chemicznych, modyfikacji fizycznych ale również lepsza kontrola lub rozkład masy cząsteczkowej

### Polimery bimodalne – proces wytwarzania



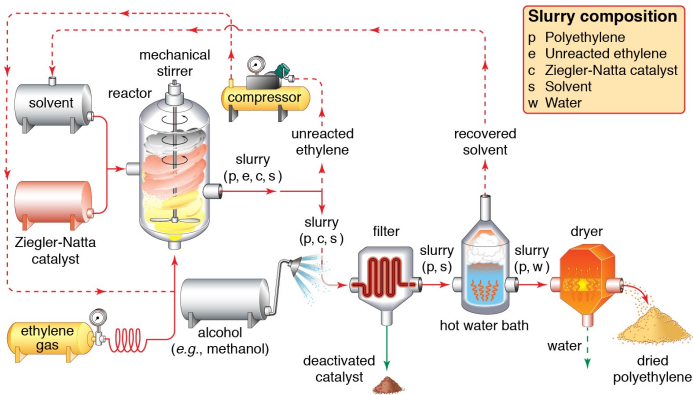
### Technologia produkcji polietylenu bimodalnego

Polimeryzacja prowadzona jest w dwóch reaktorach, zawiesinowym i gazowym. W postępującym procesie polimeryzacji każda cząstka pierwotna powstająca w reaktorze 1 zbudowana jest z frakcji o mniejszym ciężarze cząsteczkowym, a następnie przechodząc przez reaktor 2, każda z nich wzbogacana jest o frakcję o dużym ciężarze. Kolejność polimeryzacji może być odwrotna. Proces ten zachodzi wewnątrz każdej cząstki polimeru wychodzącej z kaskady (w przypadku takiego układu reaktorów), co oznacza, że każda cząstka pierwotna zbudowana jest z dwóch warstw stanowiących omawiane frakcje polimeru. Istotną rolę odgrywa również czas przebywania cząstek w reaktorach. W konsekwencji każda cząstka polimeru charakteryzuje się tym samym udziałem frakcji o mniejszym i dużym ciężarze cząsteczkowym..

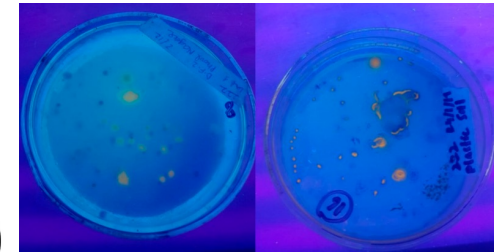
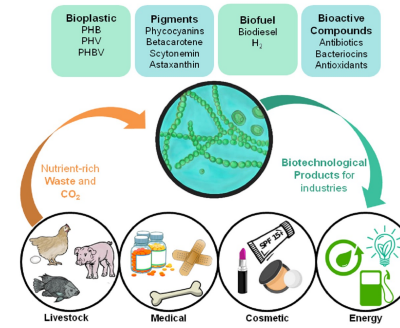


# Technologie tworzyw biodegradowalnych Surowce odnawialne Bakterie... które zjedzą wszystko

Ropa



Pilotażowa instalacja 23 kg/h firmy Sulzer w Szwajcarii wykorzystująca nowy monomer laktydowy firmy Purac



Próbki wytwarzające PHA, zaszczepione na agarze

LCA w służbie ludzkości ale czy tylko ?

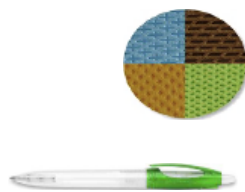


# Technologie tworzyw biodegradowalnych

## Polimery biodegradowalne i ich kompozyty

Polymer	Acronym	Chemical structures
Poly(glycolic acid) or poly(glycolide)	PGA	<chem>*OC(=O)CCO*</chem>
Poly(lactic acid) or poly(lactide)	PLA	<chem>*OC(=O)C(C)O*</chem>
Poly(4-hydroxybutyrate)	4PHB	<chem>*OC(=O)CCCCO*</chem>
Poly(3-hydroxy butyrate) or poly(hydroxy butyrate)	PHB	<chem>*OC(=O)C(C)CCO*</chem>
Poly(para-dioxanone)	PDO	<chem>*OC(=O)C1OCCOCC1O*</chem>
Poly(beta-malic acid)	PMLA	<chem>*OC(=O)C(C(=O)O)CCO*</chem>
Poly(valerolactone)	PVL	<chem>*OC(=O)CCCCO*</chem>
Poly(hydroxy valerate)	PHV	<chem>*OC(=O)C(C)CCO*</chem>
Poly(ε-caprolactone)	PCL	<chem>*OC(=O)CCCCCO*</chem>
Poly(ethylene succinate)	PES	<chem>*OC(=O)CCOC(=O)CCO*</chem>
Poly(ε-decalactone)	PDL	<chem>*OC(=O)CCCCCOC(=O)CCCCO*</chem>

Zastosowania medyczne, torby na zakupy i tekstylia krajobrazowe



Tacki na mięso, ryby i sery



Butelki na sok i wodę niegazowaną, szampony, sztućce



Kołdry, poduszki



CUT1



iPhone covers



Pieluszki Huggies Pure i Natural



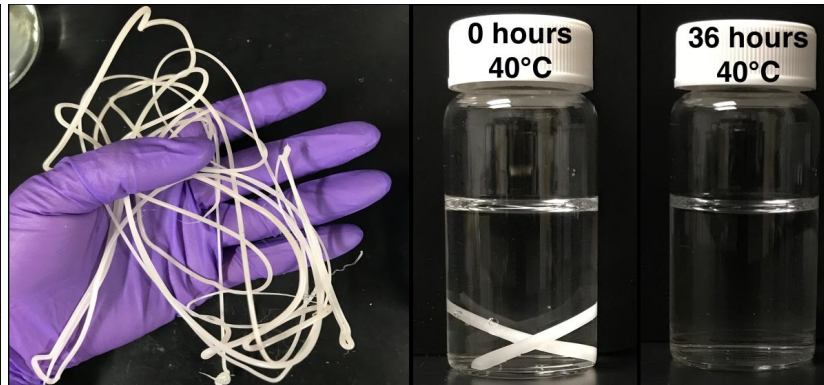
Obudowa komputera Fujitsu

Chirurgia ortopedyczna, chirurgia jamy ustnej i szczękowo-twarzowa

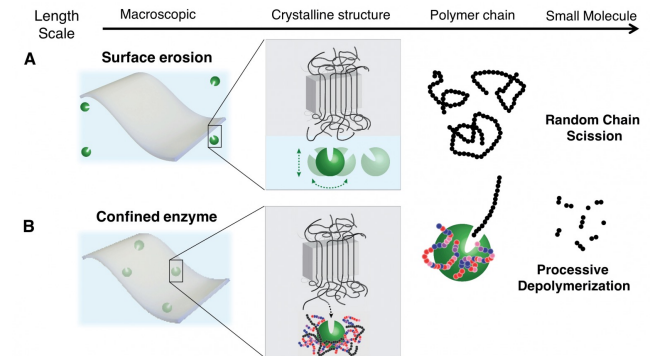


Toyota Eco-Plastic zapasowe pokrowce na opony i „maty podłogowe”

# Technologie tworzyw biodegradowalnych

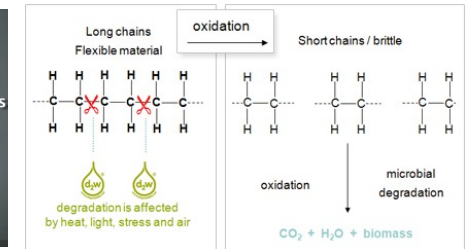


## Planowany rozkład ... Co do minuty



Plastic is fantastic!

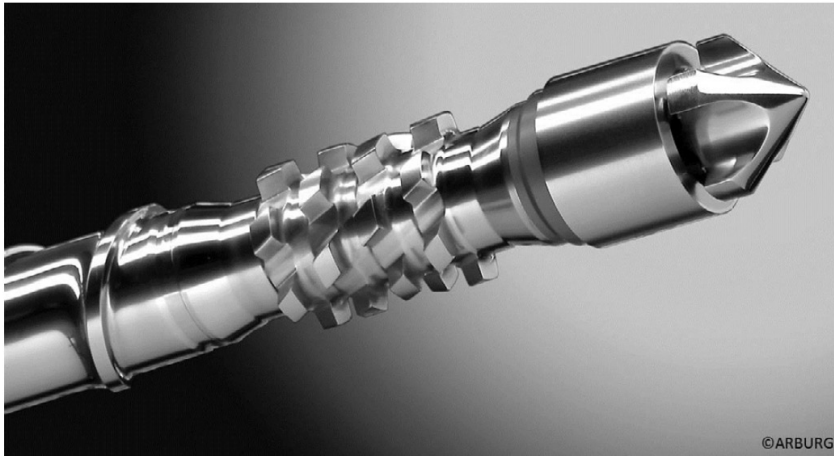
Chemia go!



d2w™ Additive



## Rozwiązania konstrukcyjne ślimaków i cylindrów wtryskowych



©ARBURG

Dynamic mixing elements for injection molding (picture: ARBURG)

powłoka MPX



105mm screw after 3 months  
processing Nylon+GF40%



105mm screw after 10 months  
processing Nylon+GF40%



**A** : Abrasive wear resistant screw after 6 month processing highly abrasive ceramic filled polymer  
**B** : Tungsten carbide coated screw after 12 month in the same process

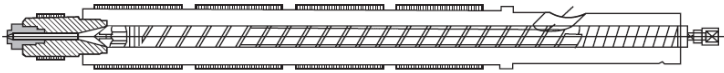
Cylindry spiekne HIP (Hot isotatic pressure)



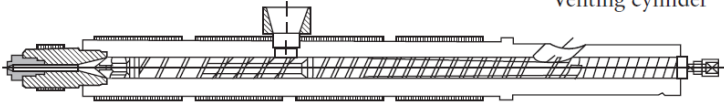


## Rozwiązania konstrukcyjne ślimaków wtryskowych

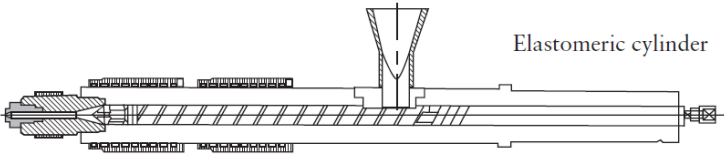
Thermoplastic cylinder



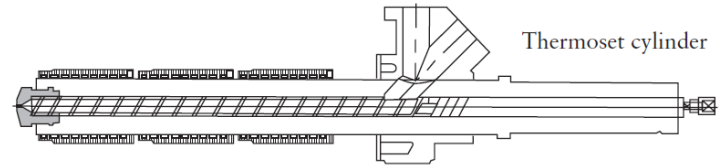
Venting cylinder



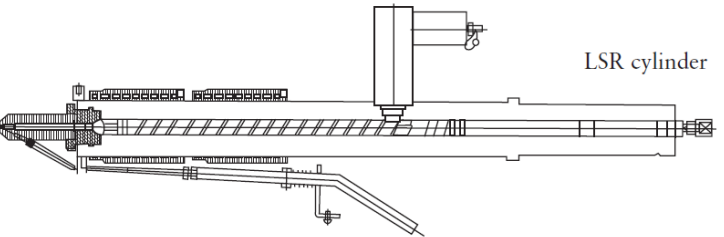
Elastomeric cylinder



Thermoset cylinder



LSR cylinder



Standard screw



Venting screw



Thermoset screw



LSR screw



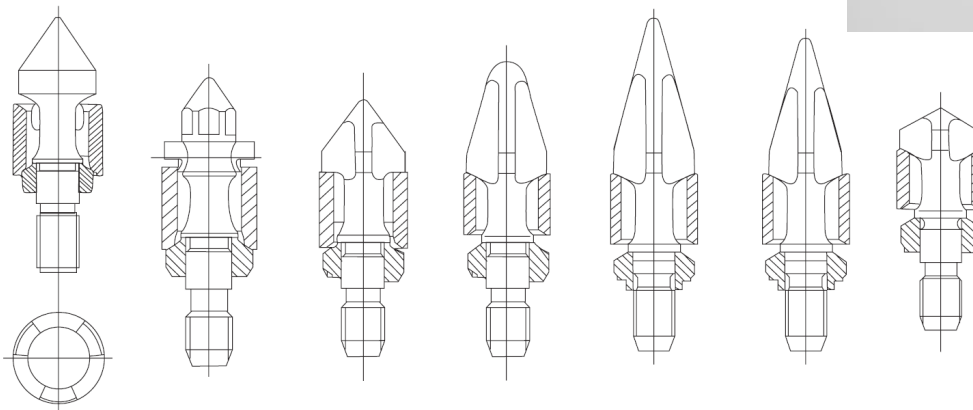
Elastomeric screw



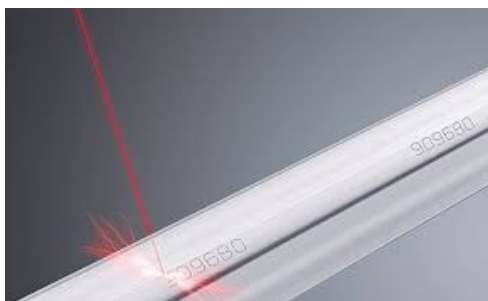
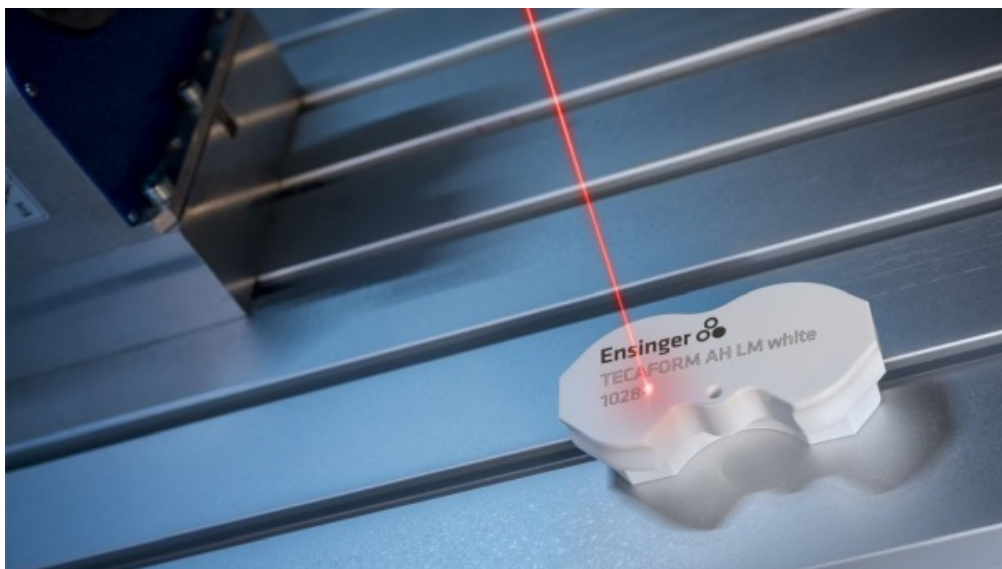
POM screw



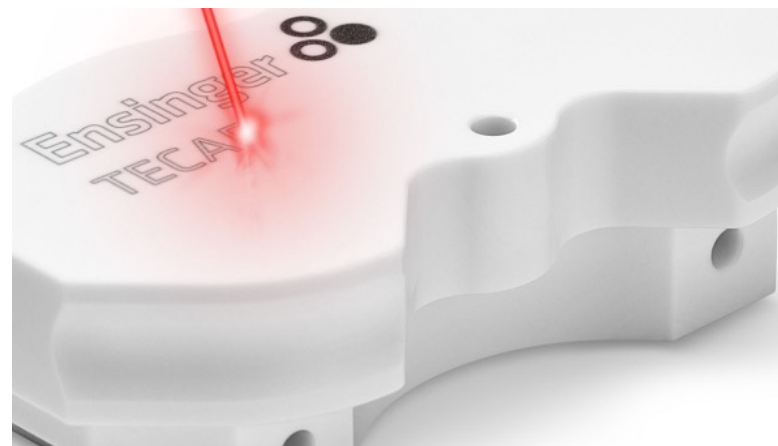
PVC screw

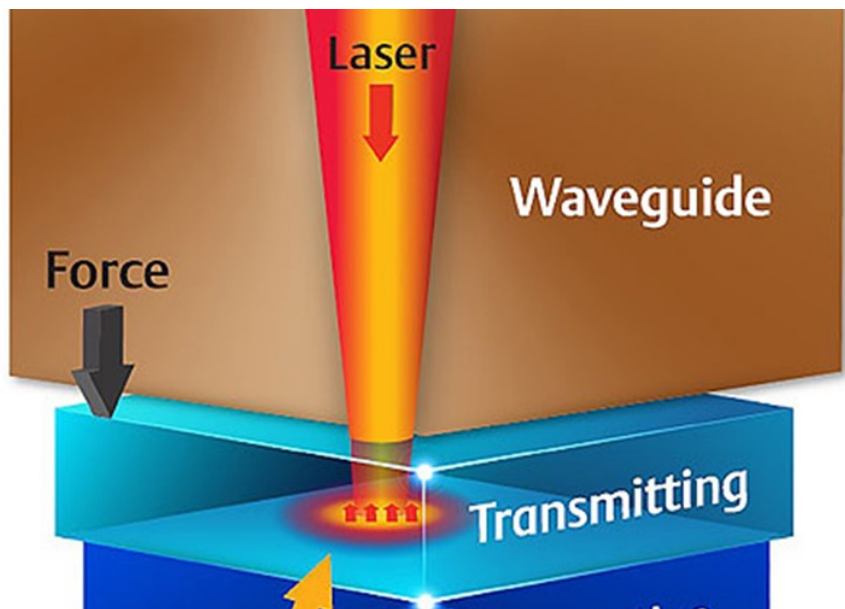


## Znakowanie laserowe

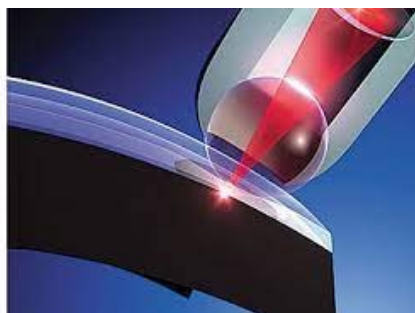
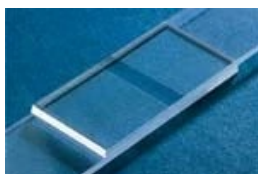
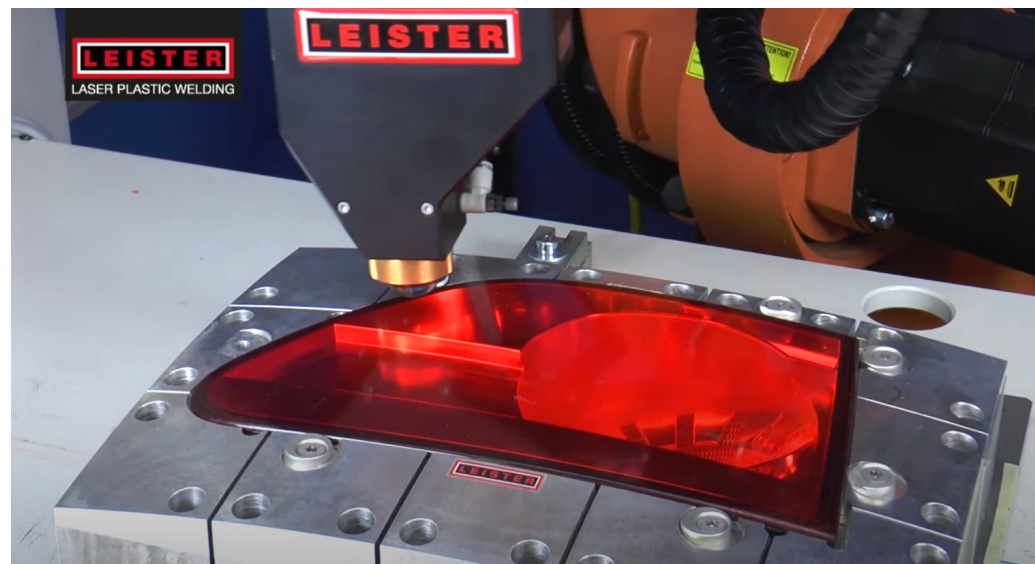


Znakowanie laserowe elementów z tworzywa sztucznego jest nie tylko trwałe i uniwersalne, ale również dodatkowo chroni środowisko i materiały. W porównaniu z konwencjonalnymi metodami znakowania nie są wymagane szablony ani materiały eksploatacyjne takie jak atrament. Oznaczenia wykonane za pomocą lasera na powierzchniach z tworzywa sztucznego są zawsze odporne na zmywanie i ścieranie. Zasadniczo można rozróżnić trzy metody znakowania laserowego tworzyw sztucznych: zmianę barwy, modyfikację powierzchni i usuwanie warstw.





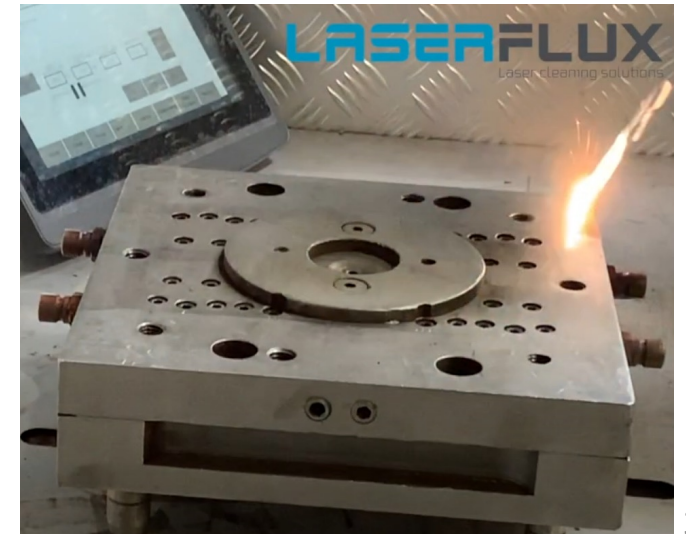
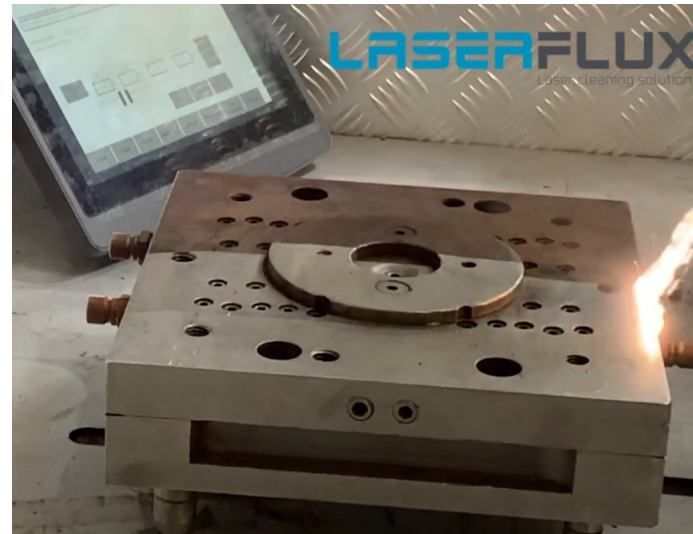
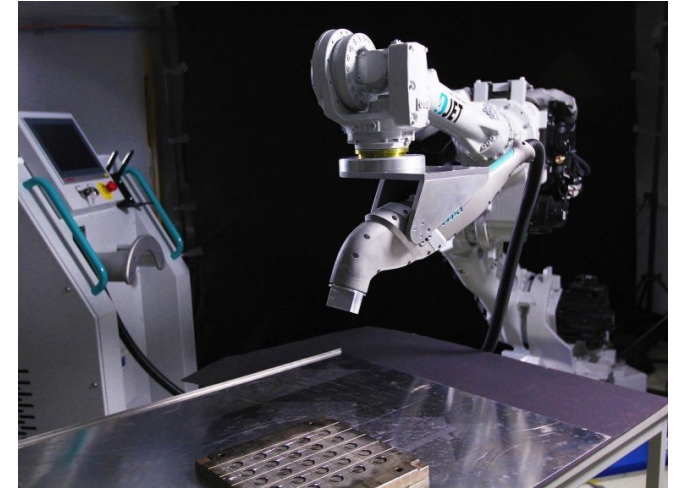
## Spawanie i zgrzewanie laserowe



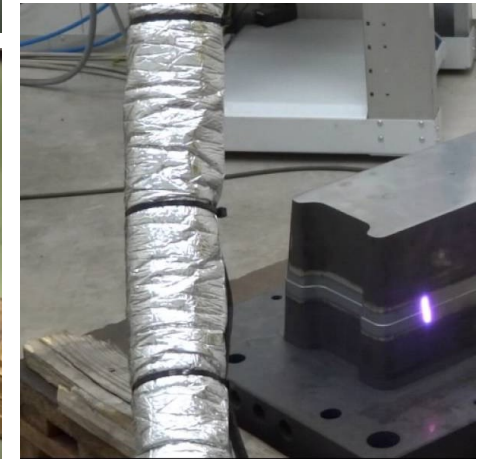
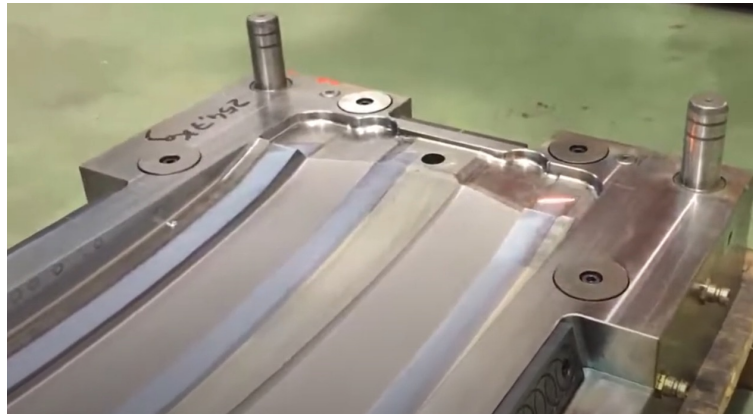
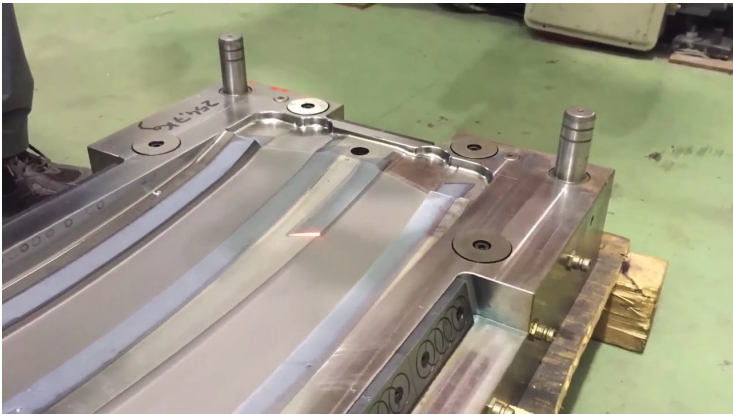
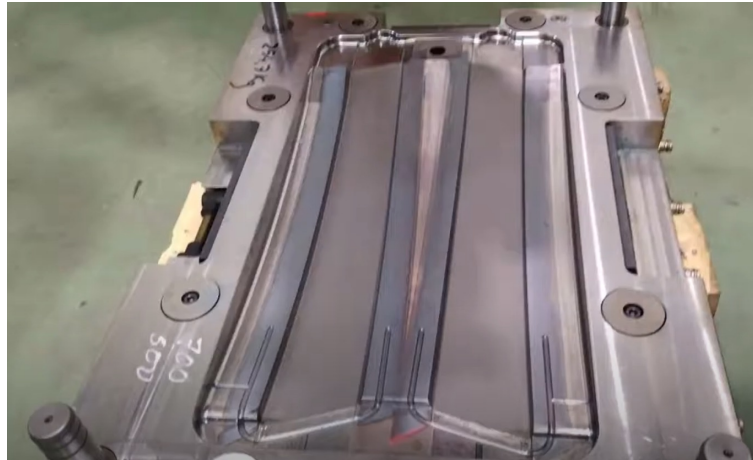
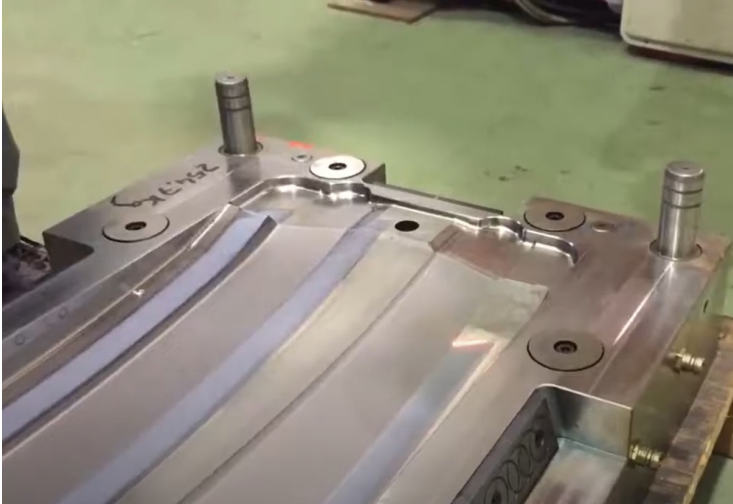
spawanie laserowe obudów lamp samochodowych

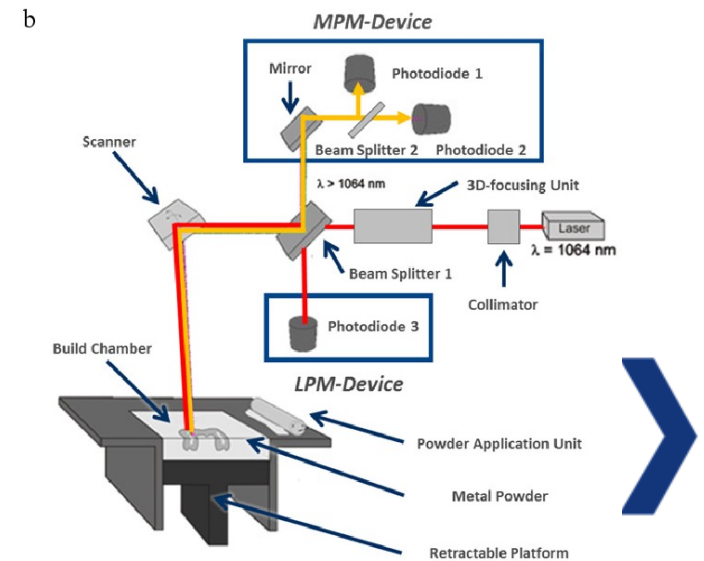
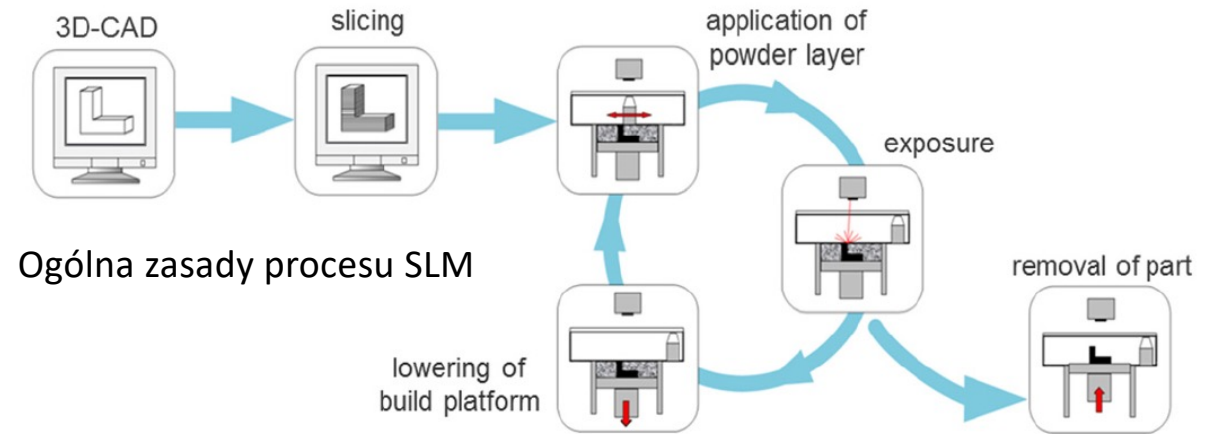


## Czyszczenie laserowe



## Utwardzanie laserowe





Widok urządzenia oraz komory przetwarzania SLM z głównymi komponentami

Stal narzędziowa



Stale szybkoobrotowe



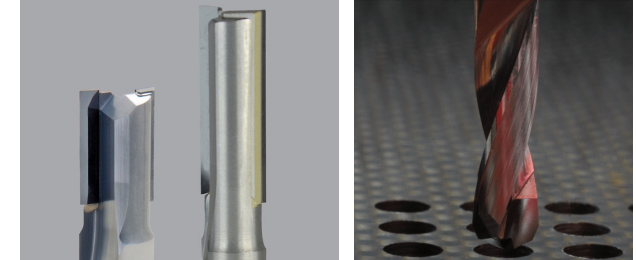
Odlewane stopy kobaltu



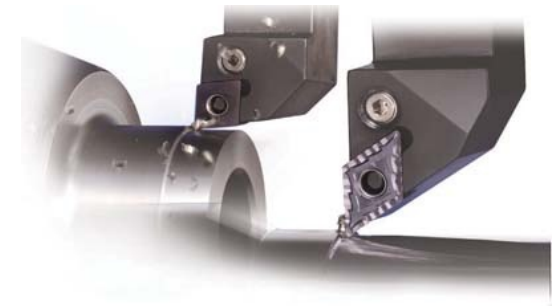
Węglik lub węglik spiekane



Narzędzia z polikrystalicznego diamentu (PCD)



Cermetale

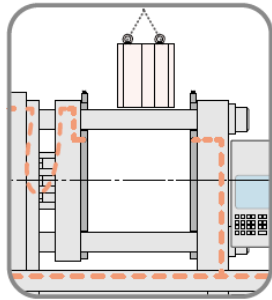


Ceramika

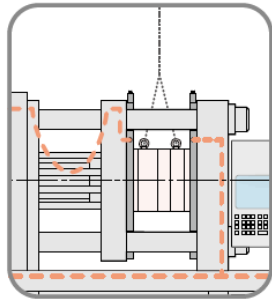


## Narzędzia, materiały stosowane do wytwarzania narzędzi, powłoki

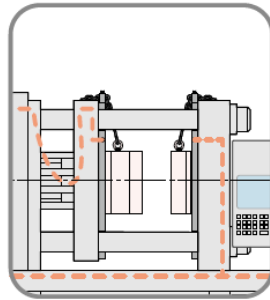
### Rozwiązania dotyczące mocowania



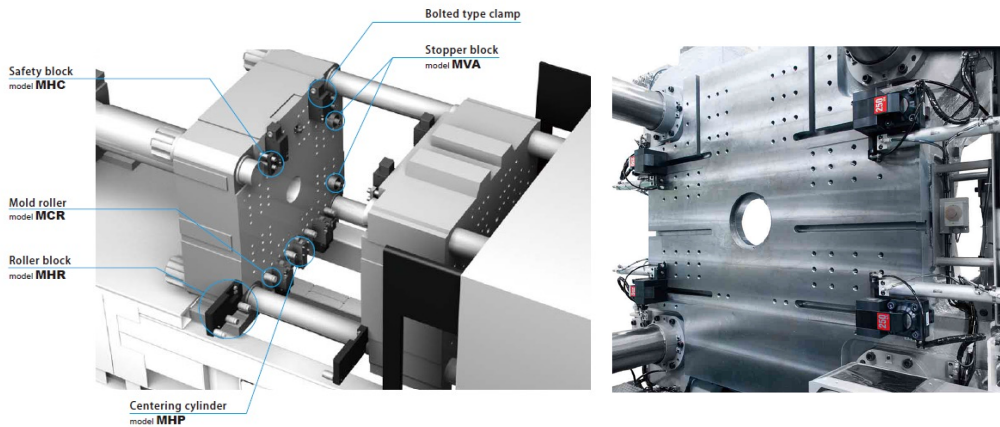
De-Magnetized



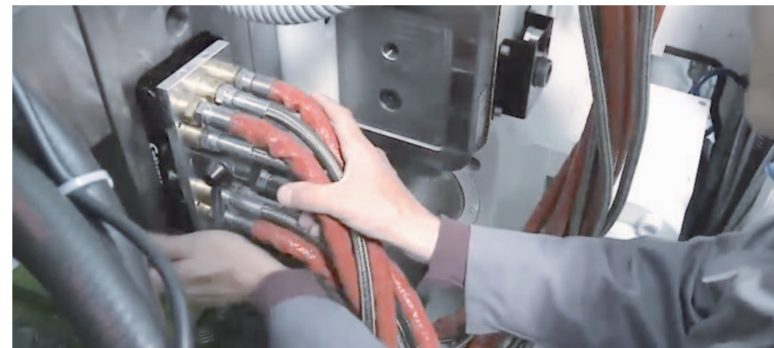
During Magnetization



Magnetized



### Rozwiązania dotyczące chłodzenia





## Narzędzia, materiały stosowane do wytwarzania narzędzi, powłoki

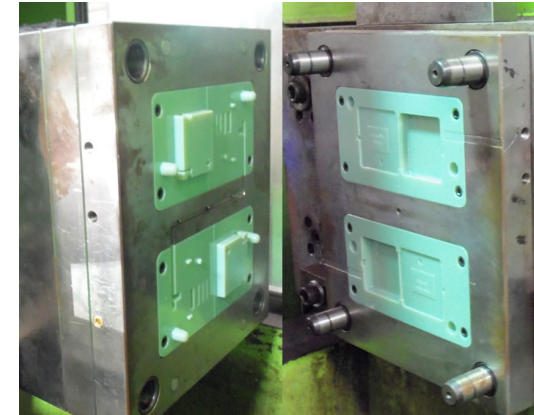
Stale



Aluminium



Tworzywa sztuczne – formy prototypowe



HIGH THERMAL CONDUCTIVITY

+

HIGH MECHANICAL PROPERTIES

+

FINE MICROSTRUCTURE



**Reduce Cycle Time**  
**Tackle Soldering Problems**  
**Delay the Onset of Heat Checking**  
**Improve Mechanical Properties of Produced Parts**  
**Reduce Erosion**  
**Reduce Production Downtimes**  
**Improve Porosity Distribution**

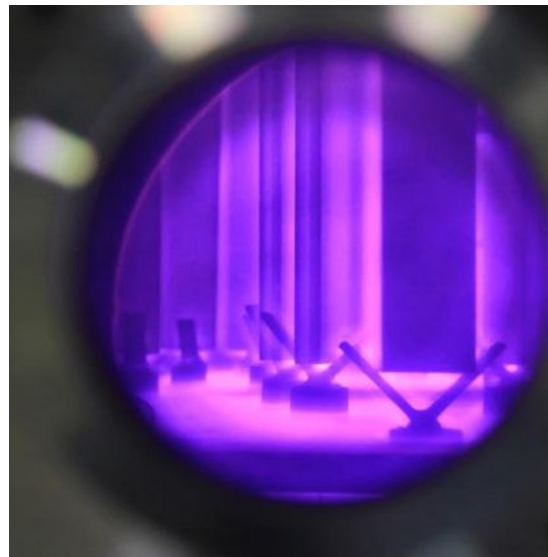


## Narzędzia, materiały stosowane do wytwarzania narzędzi, powłoki

Do czego może służyć czwarty stan skupienia



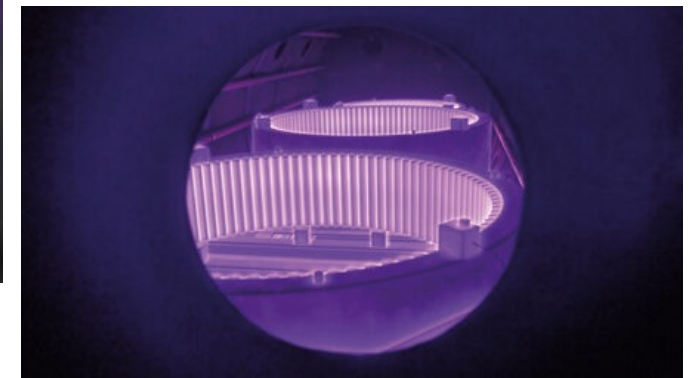
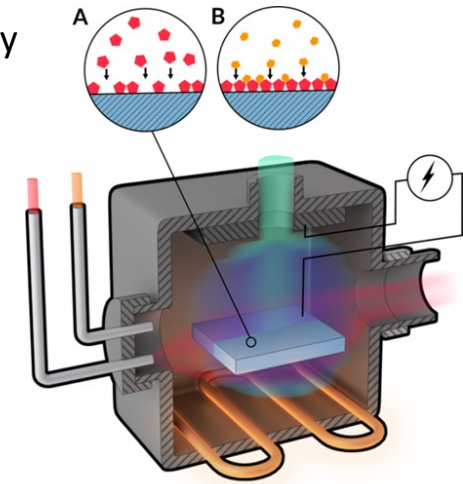
Utwardzanie form wtryskowych za pomocą plazmy



Czym są powłoki PVD?

PVD oznacza fizyczne osadzenie z fazy gazowej (Physical Vapour Deposition) Proces jest przeprowadzany w warunkach wysokiej próżni i w większości przypadków w temperaturach od 150 do 500 °C.

Powłoki PVD, CVD



## Maszyny, peryferia, roboty

Wtryskarki hydaruliczne



Wtryskarki elektryczne



Wtryskarki hybrydowe

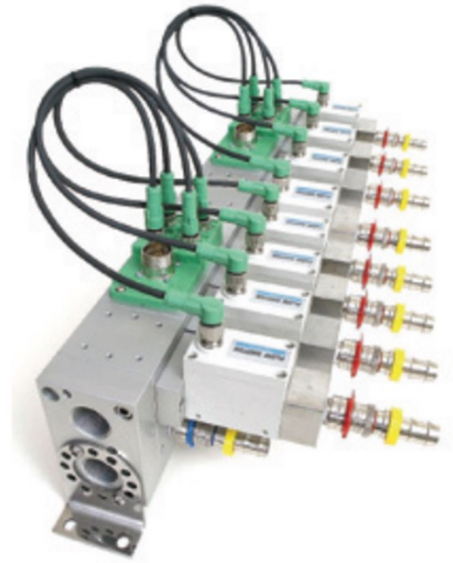


Czy to innowacyjne ?

Nowe wtryskarki to szybkość, precyzja, energooszczędność, cicha praca, szybkość nagrzewania i stabilność termiczna, powtarzalność produkcji



## Maszyny, peryferia, roboty

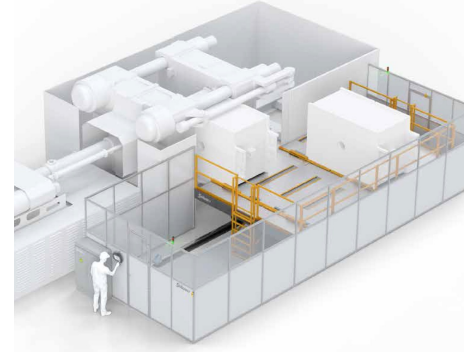


## Maszyny, peryferia, roboty

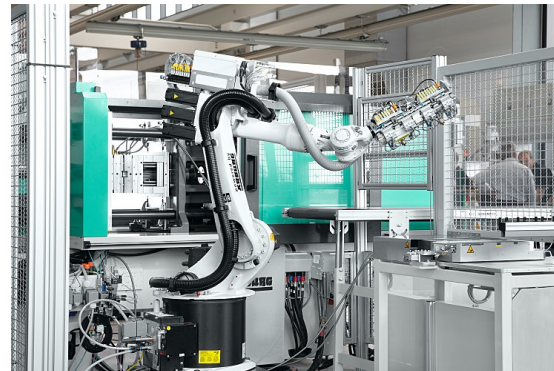
Manipulatory



Roboty



Automatyzacja



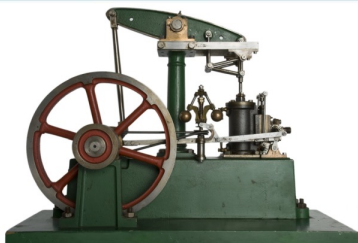
## INDUSTRY 4.0 ...



### 1-sza Rewolucja przemysłowa Mechanizacja

- Sterowanie mechaniczne (krzywki)
- Silniki parowe

### Przemysł 1.0



### 2-ga Rewolucja przemysłowa Elektryfikacja

- Karty perforowane do zapisu informacji
- Pierwsze linie produkcyjne

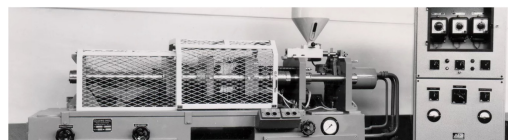
### Przemysł 2.0



### 3-cia Rewolucja przemysłowa Cyfryzacja

- Mikrokontrolery do sterowania maszynami
- Wzrost automatyzacji
- Systemy IT do planowania i kontroli produkcji

### Przemysł 3.0



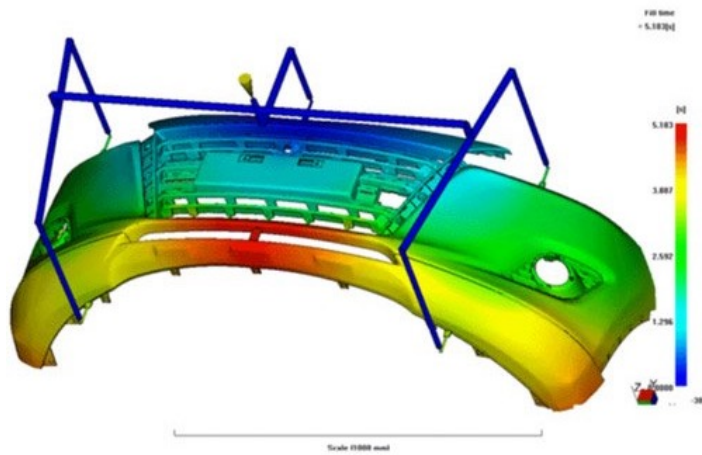
### 4-ta Rewolucja przemysłowa Sieć/Internet

- Pionowe i poziome łączenie komponentów i maszyn w sieć, przy użyciu standardów internetowych
- Identyfikowalne i komunikowalne obiekty
- Samodoskonalące się obiekty

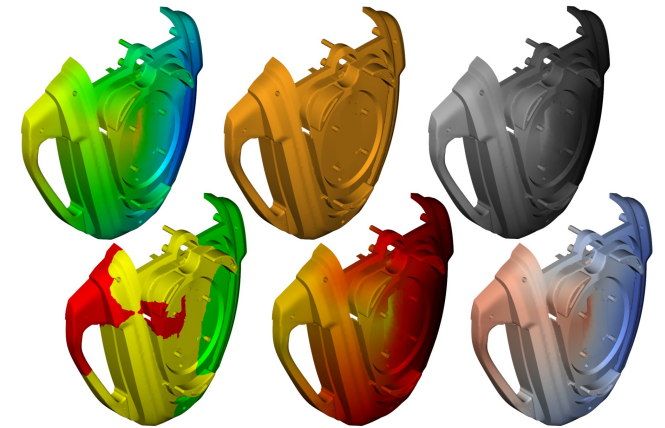
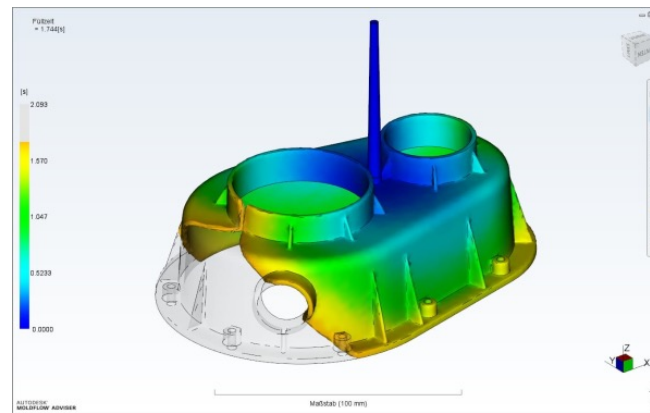
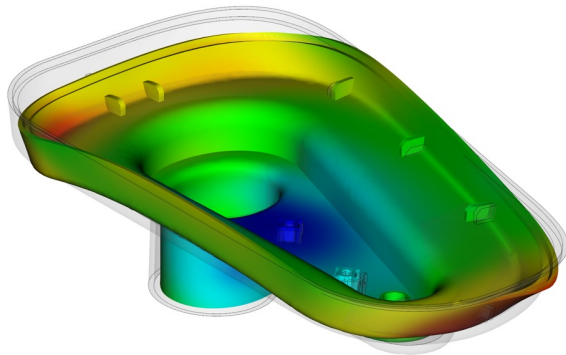
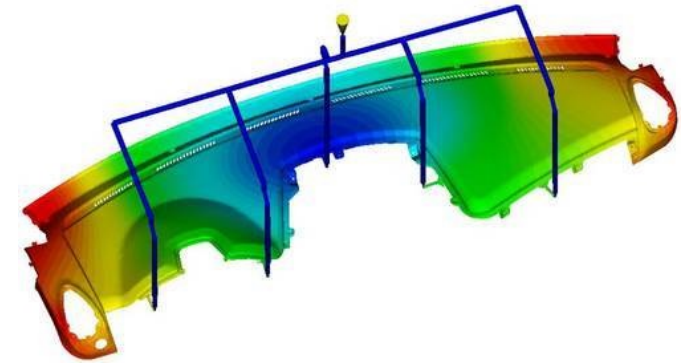
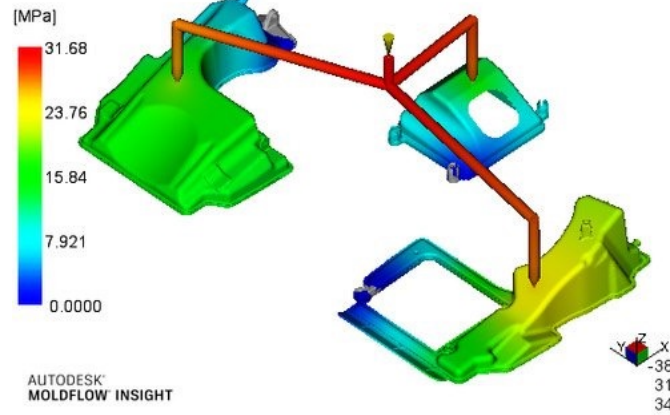
### Przemysł 4.0



## Symulacje komputerowe



Pressure at V/P switchover  
= 31.68[MPa]



## Rozszerzona rzeczywistość





## Kooperacja i komunikacja!



POLI  
[TECH] >  
NIKA

Politechnika  
Częstochowska



Wydział Inżynierii  
Mechanicznej i Informatyki

Tomasz Stachowiak dr inż .

Email : [tomasz.stachowiak@pcz.pl](mailto:tomasz.stachowiak@pcz.pl)

Tel.: 784 794 181