

**POLI
[TECH] >
NIKA**

**Politechnika
Częstochowska**



**Wydział Inżynierii
Mechanicznej i Informatyki**

Przegląd Nowoczesnych Technologii Wtryskiwania Tworzyw sztucznych



Targi Kielce
exhibition & congress centre



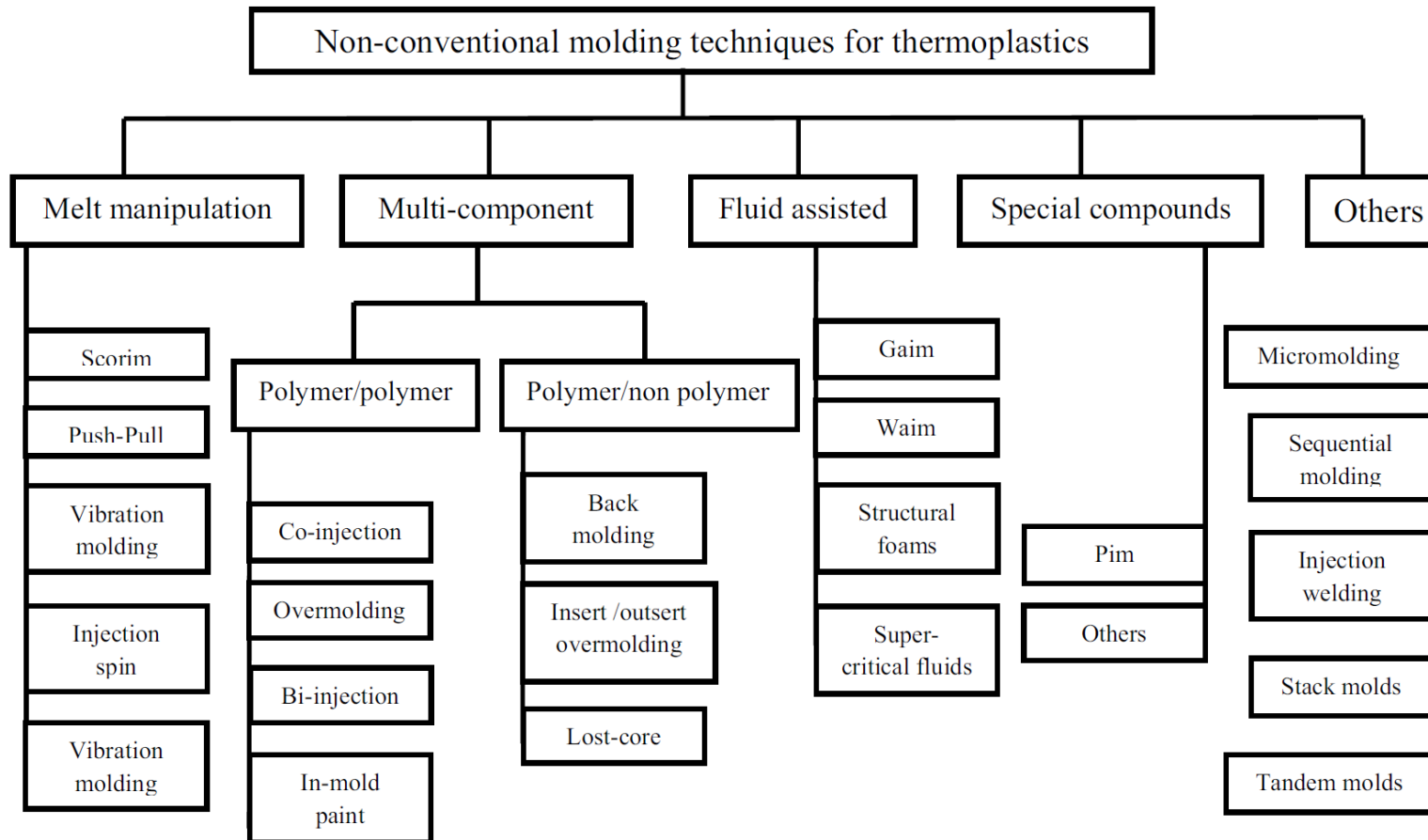
Tomasz Stachowiak dr inż

Plan prezentacji

wtryskiwanie wieloskładnikowe, otryskiwanie,
wtryskiwanie dekoracyjne,
wtryskiwanie z dużymi prędkościami,
IMA, IMC
wtryskiwanie proszków (metalicznych, ceramicznych),
WPC,
Fibre Direct Compounding
wtryskiwanie duroplastów,
HP-RTM,
EXJECTION,
wtryskiwanie z uszczelnianiem,
wtryskiwanie wyrobów medycznych,
wtryskiwanie z doprasowaniem,
wtryskiwanie pulsacyjne,
wtryskiwanie sekwencyjne/kaskadowe,
wtryskiwanie wspomaganem gazem/wodą
wtryskiwanie porujące i mikroporujące,
wtryskiwanie dekorujące,
mikrowtryskiwanie,
wytwarzanie wyprasek metodami addytywnymi



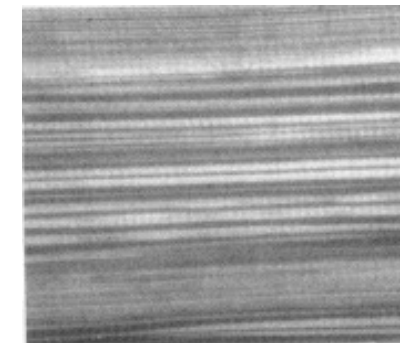
Klasyfikacja niekonwencjonalnych metod wtryskiwania

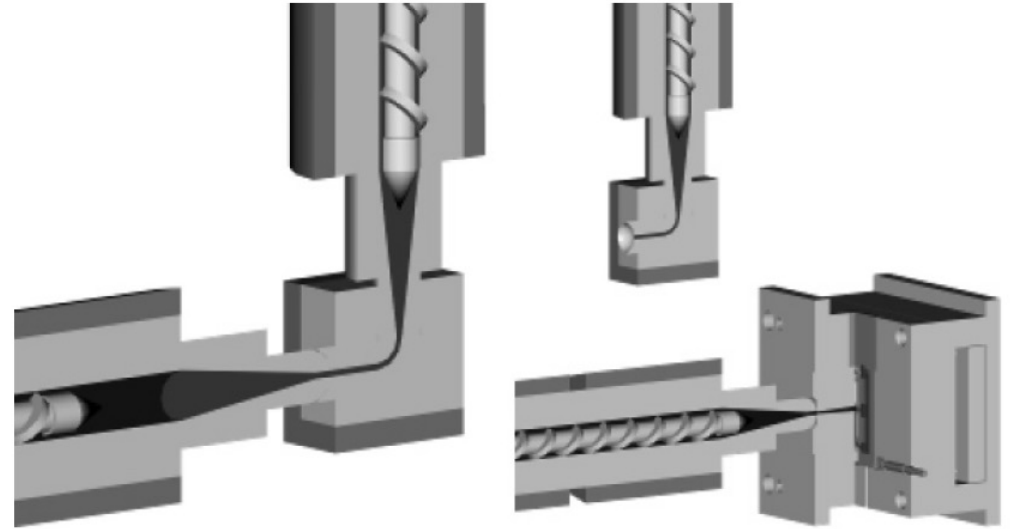
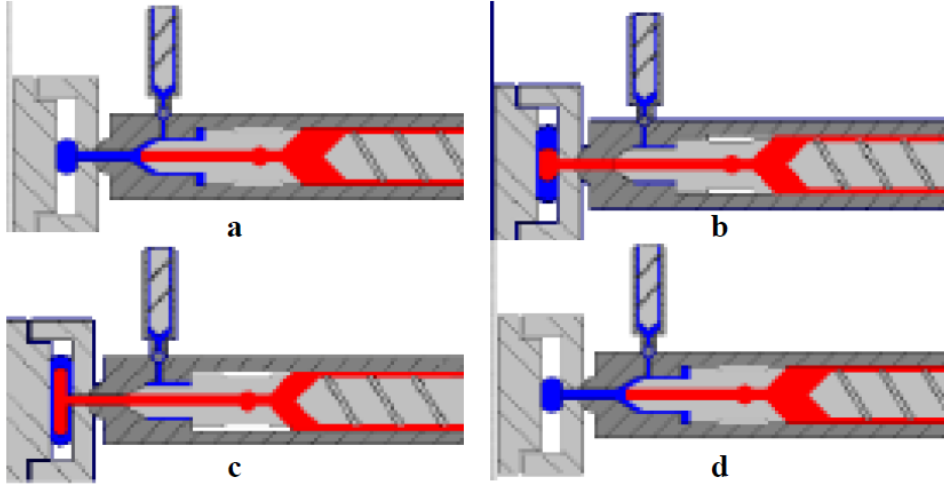


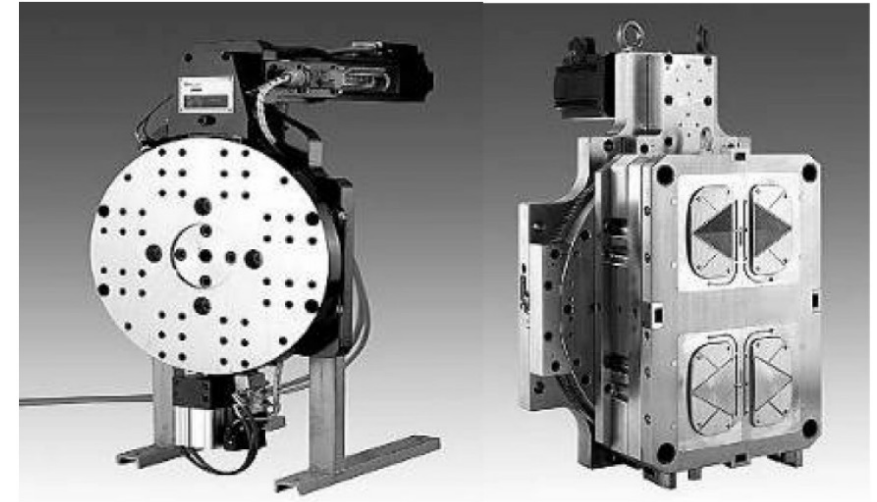
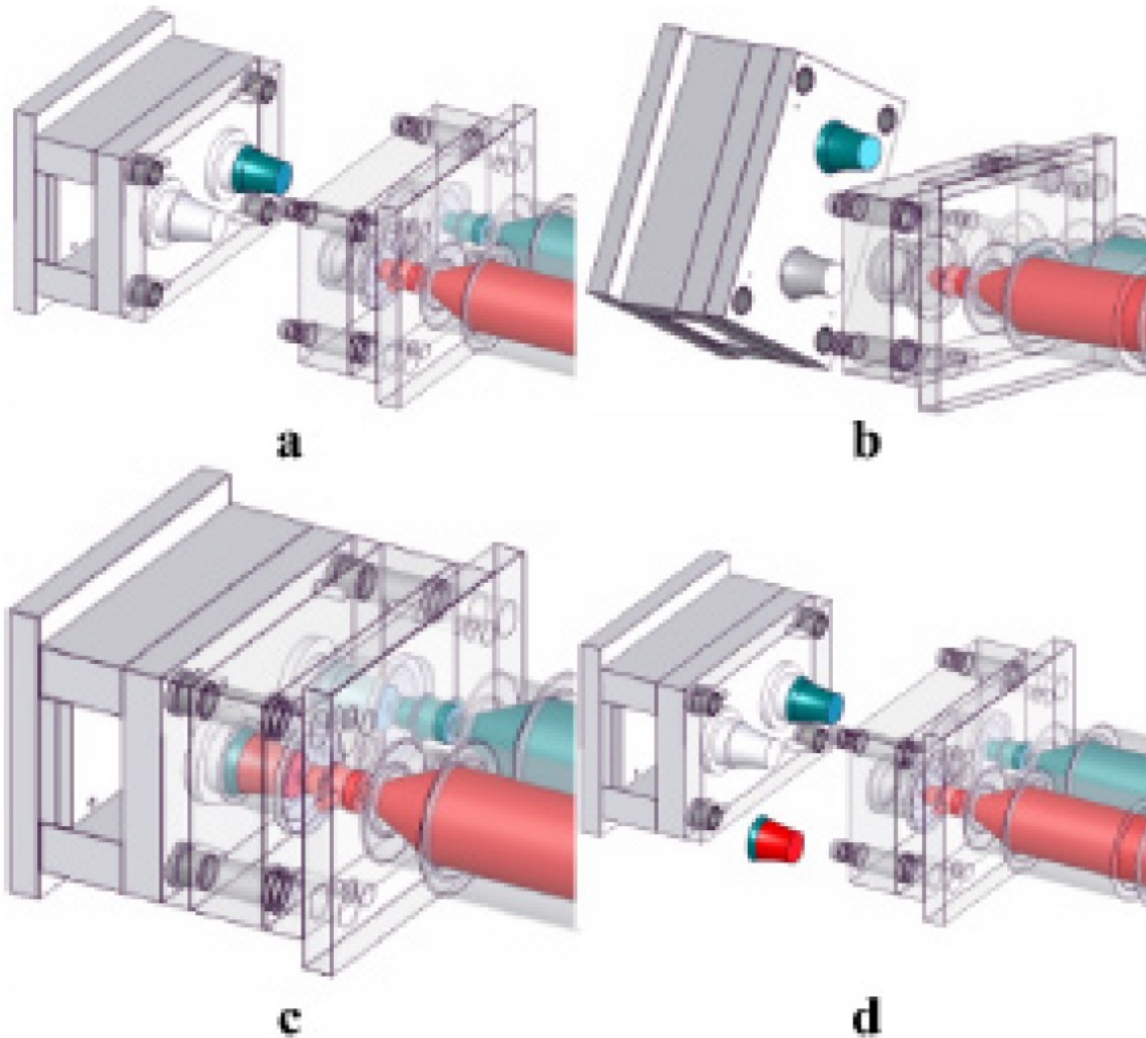
Wtryskiwanie wieloskładnikowe

Wtryskiwanie wieloskładnikowe, nazywanego także współwtryskiwaniem można podzielić na:

- otwarte - poszczególne części wyprasek, z różnych tworzyw, łączą się ze sobą tak, że każda z nich jest widoczna.
- zamknięte - wytwarza się wypraski warstwowe, nazywane wypraskami typu „sandwich”, w których tworzywo stanowiące rdzeń jest otoczone warstwą zewnętrzną tworzywa o innych właściwościach
- mikrowarstwowe - polega na wytwarzaniu wyprasek składających się z wielu warstw o bardzo małej grubości (mikrowarstwy), z co najmniej dwóch różnych tworzyw.

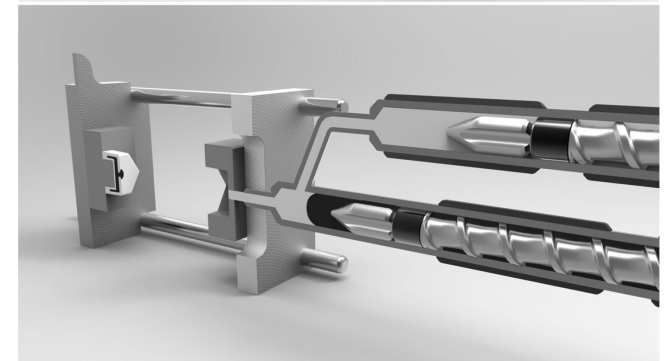
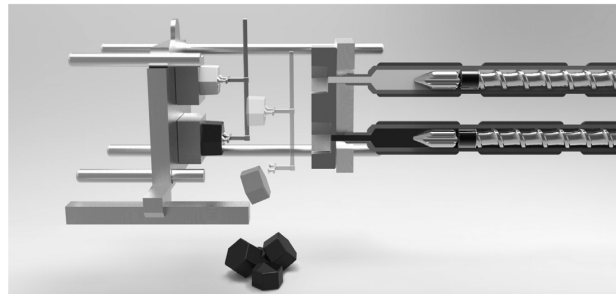
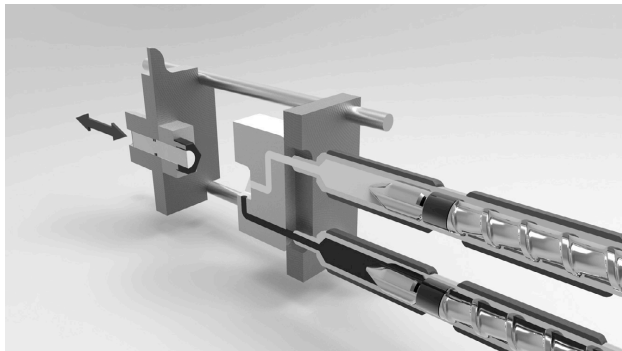
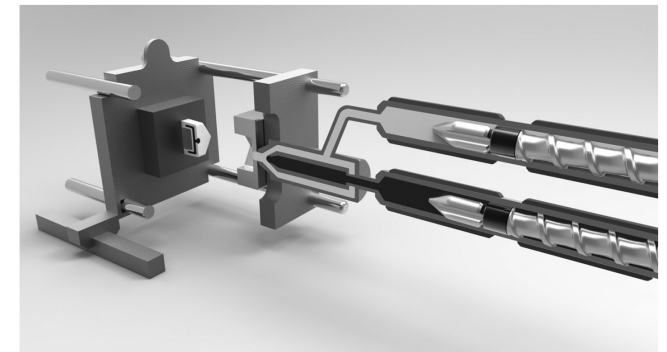
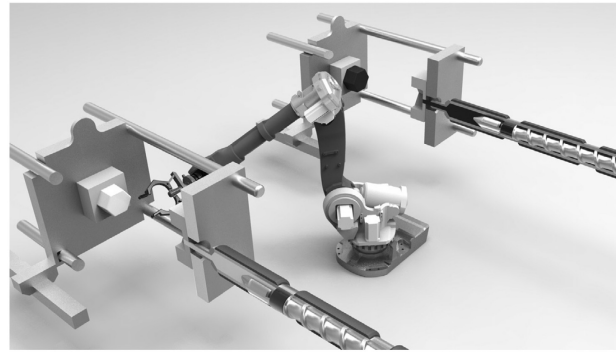
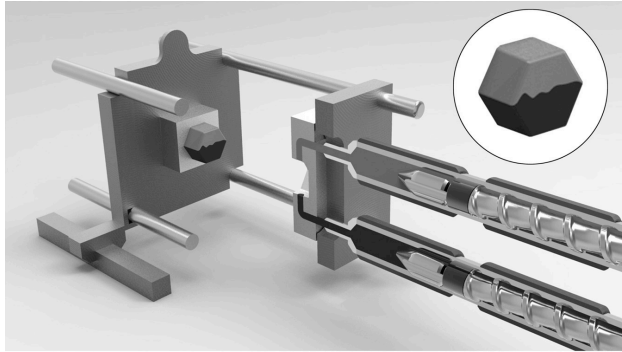






Obtrysk z formą obrotową: (a) Forma otwiera się po wtrysku niebieskiego materiału; (b) Forma obraca się, aby przenieść niebieską preformę do drugiej wnęki; (c) Wstrzyknięcie czerwonego materiału na niebieską preformę, z której powstała końcowa część. W tym samym czasie niebieski materiał jest wtryskiwany do wnęki preformy; (d) Wyrzucenie końcowej części, a następnie obrót formy w celu przeniesienia preformy do drugiej wnęki





ZALETY:

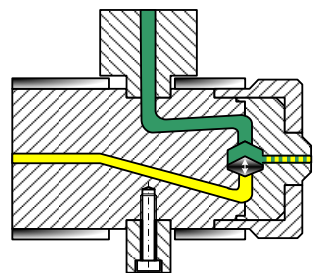
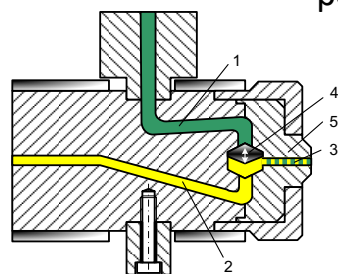
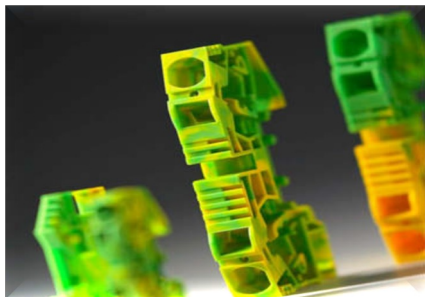
- możliwość obniżenia kosztów wytwarzania wyprasek poprzez zastosowanie tańszego, w tym również pochodzącego z recyklingu, tworzywa stanowiącego ich rdzeń
- w celu zmniejszenia ciężaru wyprasek, rdzeń może być z tworzywa porowatego
- niekiedy wypraski muszą charakteryzować się dobrymi właściwościami mechanicznymi i jednocześnie odpowiednim stanem powierzchni.

WADY:

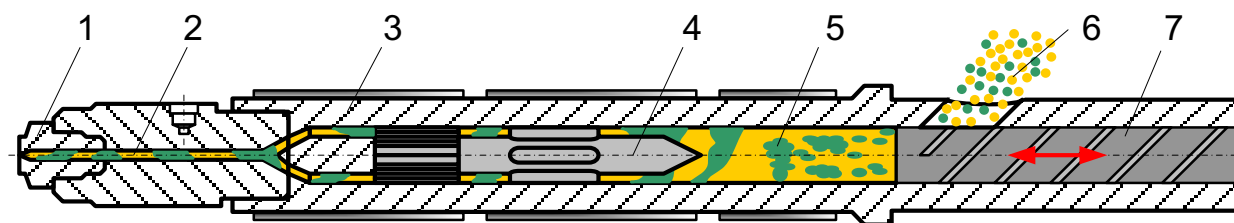
- wyższe o 50 do 100% koszty niezbędnych maszyn i oprzyrządowania
- bardziej złożona budowa formy wtryskowej, w porównaniu z wtryskiwaniem konwencjonalnym
- niezbędny jest specjalny system sterowania przebiegiem procesu



Wtryskiwanie dekoracyjne



Proces polega na równoczesnym wtryskiwaniu dwóch, niecałkowicie wymieszanych, tworzyw o różnej barwie w celu uzyskania wyprasek charakteryzujących się powierzchnią podobną do marmuru.



Schemat procesu wtryskiwania dekoracyjnego: 1 – dysza wtryskowa, 2 – mieszanina dwóch tworzyw w stanie ciekłym, 3 – cylinder układu uplastyczniającego wtryskarki, 4 – torpeda, 5 – mieszanina dwóch tworzyw (granulat z częściowo uplastycznionym tworzywem), 6 – granulki wstępnie wymieszanych tworzyw, 7 – tłok wtryskowy

Wygląd powierzchni zależy od lepkości poszczególnych tworzyw. W przypadku dużej różnicy lepkości linie oddzielające kolory są wyraźne i efekt w postaci marmuru na powierzchni wypraski jest bardziej widoczny. Rozkład kolorów na powierzchni wypraski zależy głównie od różnicy wskaźników szybkości płynięcia tworzyw wtryskiwanych oraz ich zawartości procentowej, a także od temperatury i prędkości wtryskiwania.

Zastosowanie - do wytwarzania wysokiej jakości wyłączników światła, puszek, obudów sprzętu elektrotechnicznego montowanego w domach mieszkalnych oraz biżuterii i guzików.

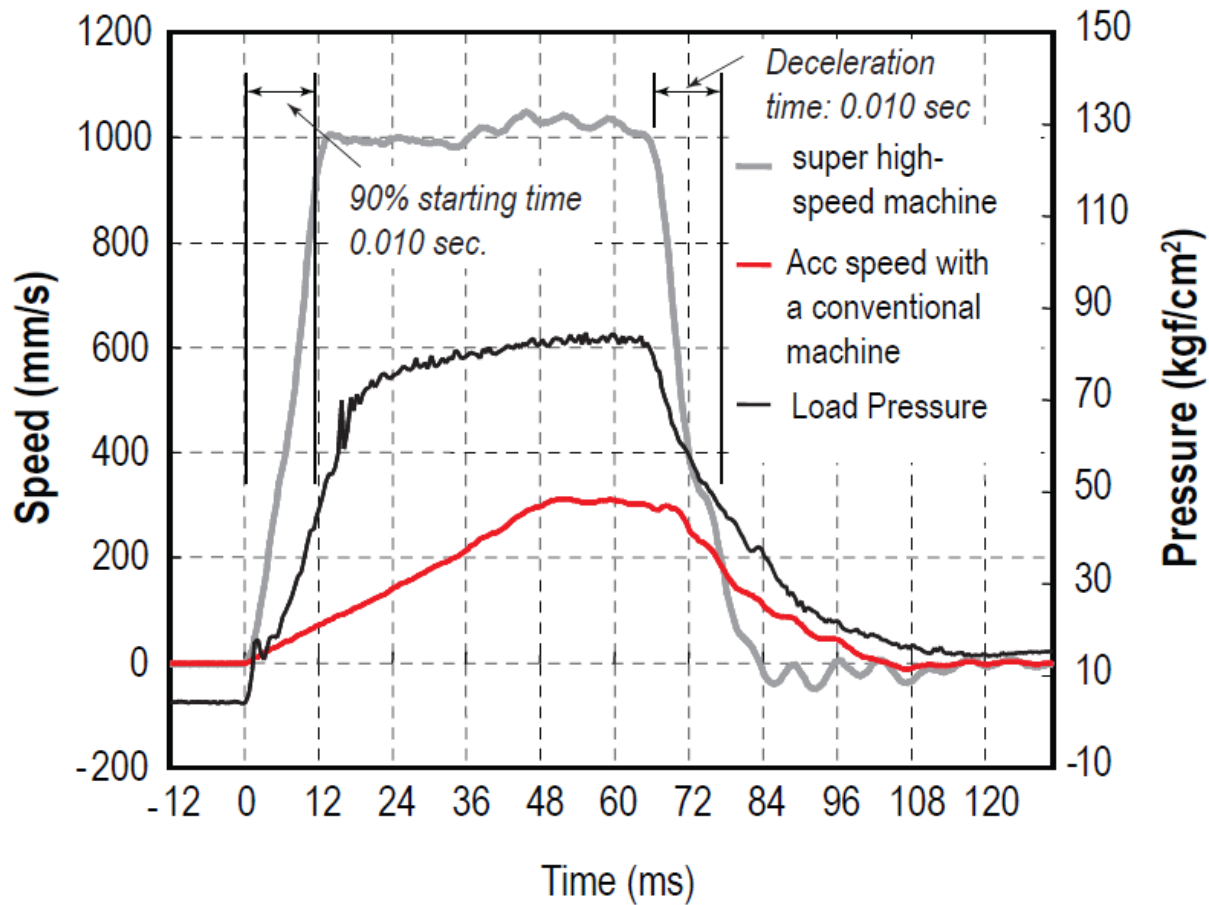


Super-High Speed Injection Molding



Ponieważ produkty formowane wtryskowo nadal wymagają wyższej wartości dodanej, wymagania dotyczące lżejszych, cieńszych i mniejszych produktów stają się niezbędne. Na przykład na rynku pojawiły się już produkty z tworzyw sztucznych o grubości ścianki tak małej jak 0,1-0,2 mm. Aby uzyskać te produkty, weszły do praktycznego zastosowania różne techniki szybkiego wtrysku, a wtryskarki o prędkościach wtrysku sięgających 1000 do 1500 mm/s stają się coraz bardziej popularne.





Cieńsza warstwa naskórka i większa długość przepływu (L/T) uzyskane z formowania wtryskowego z dużą prędkością są odpowiednie dla produktów o cieńszych ściankach;

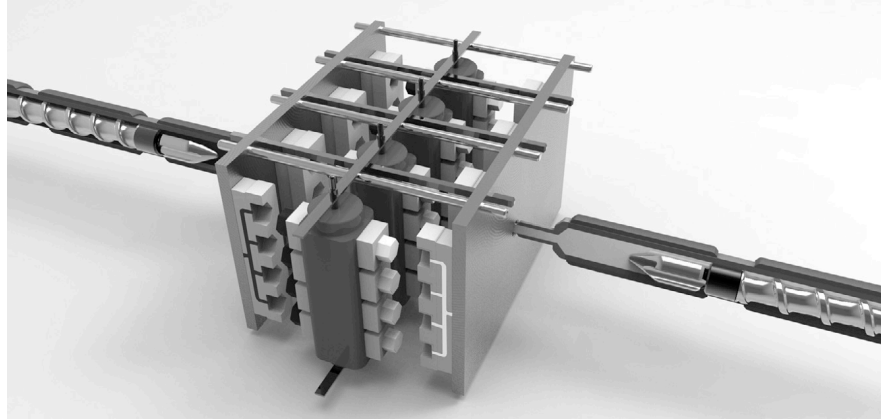
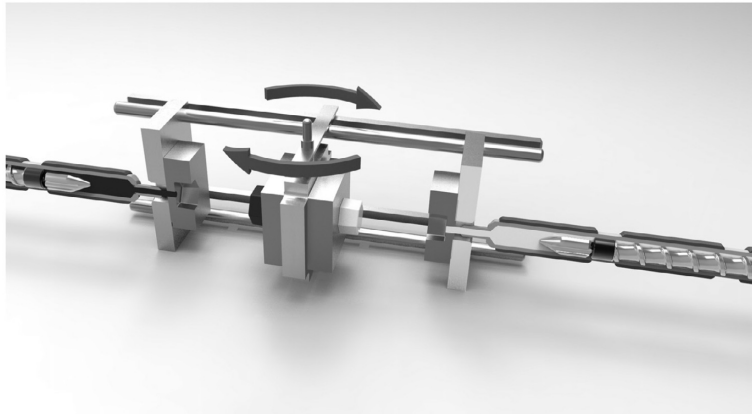
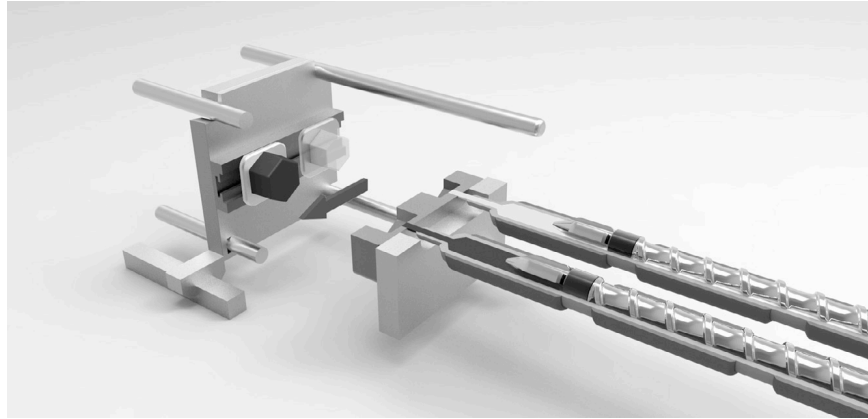
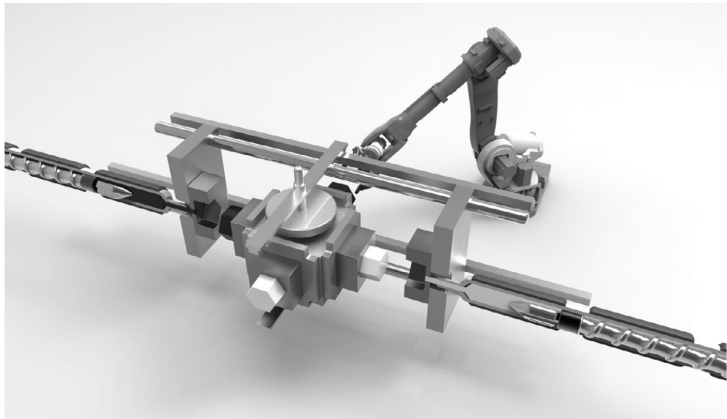
Wyższa płynność zmniejsza ciśnienie napętniania. Prowadzi to do mniejszego naprężenia, wypaczenia i zniekształceń oraz zapewnia poprawę dokładności wymiarowej i lepszą transkrypcję powierzchni

Zmniejszają się odkształcenia i uszkodzenia bardzo smukłych części formy, takich jak kołki rdzeniowe

Ulepszono linie łączenia i wygląd powierzchni produktów

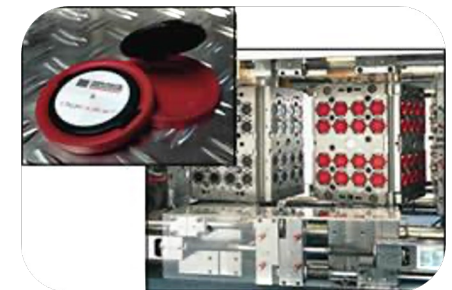
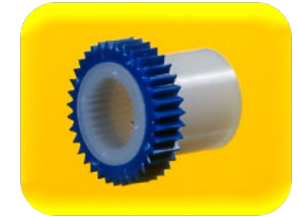
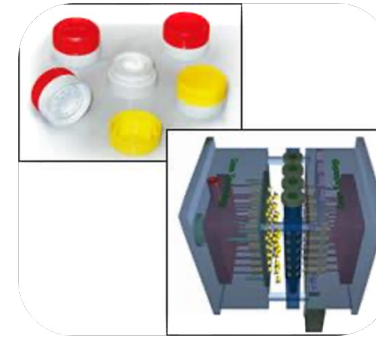


IMA i IMC, InMold Assembling - InMold Cutting



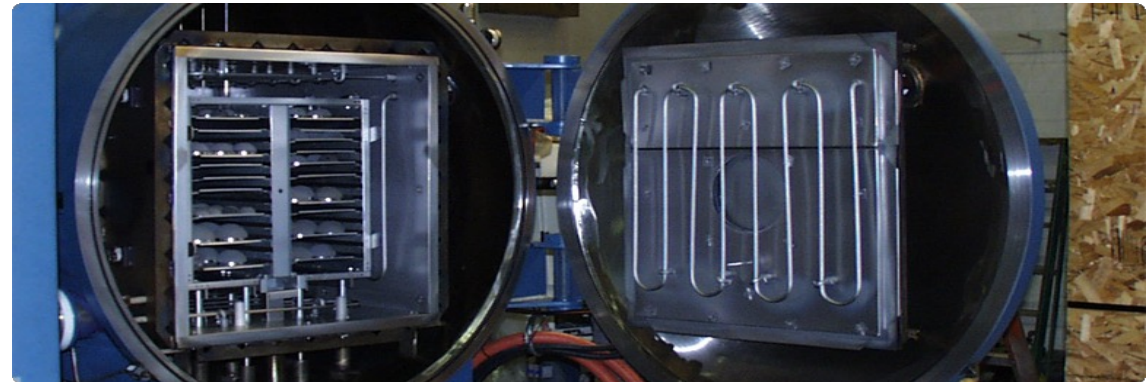
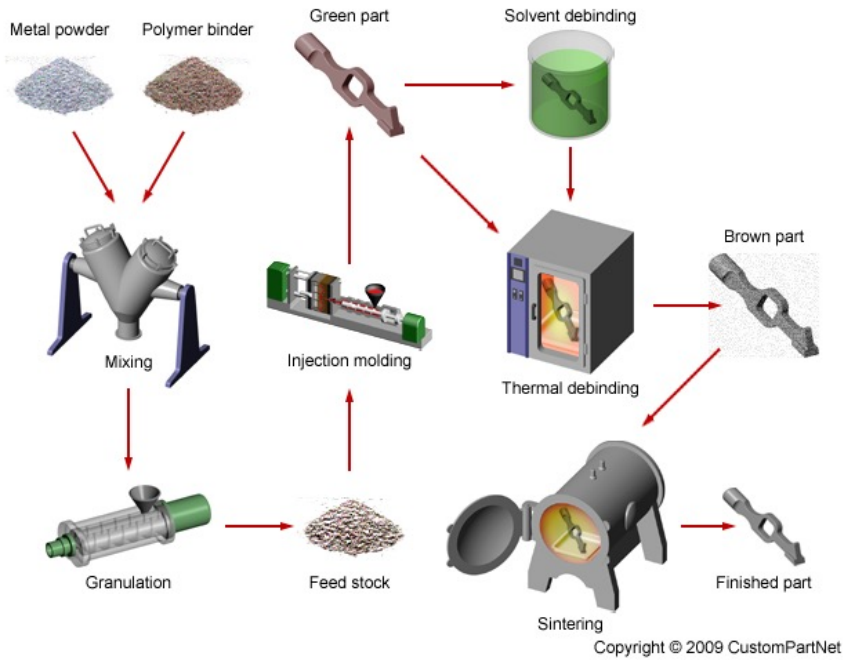
Wtryskiwanie z montażem w formie

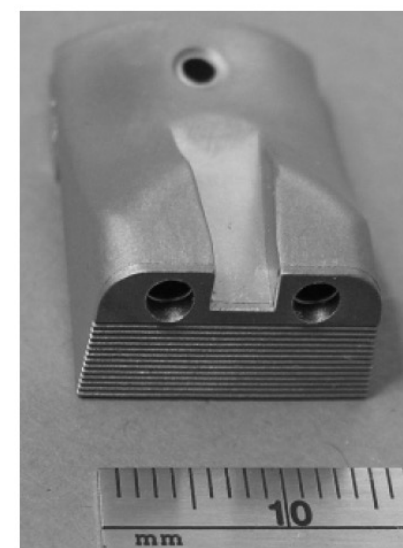
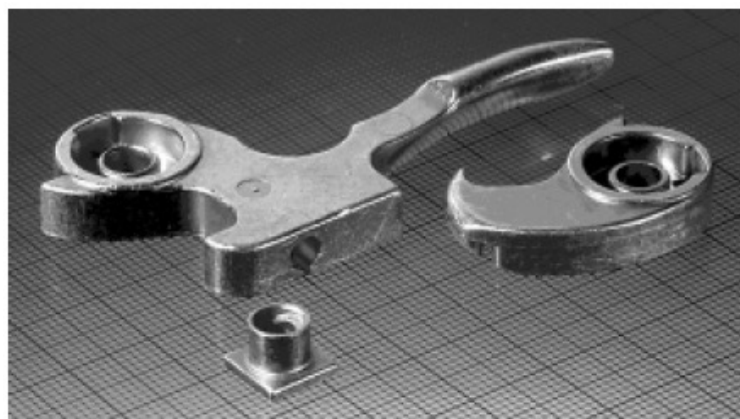
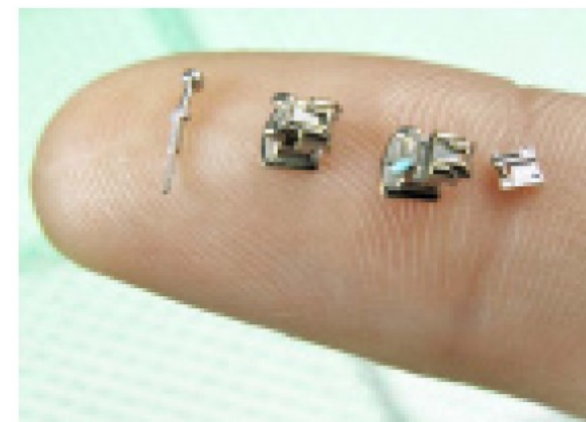
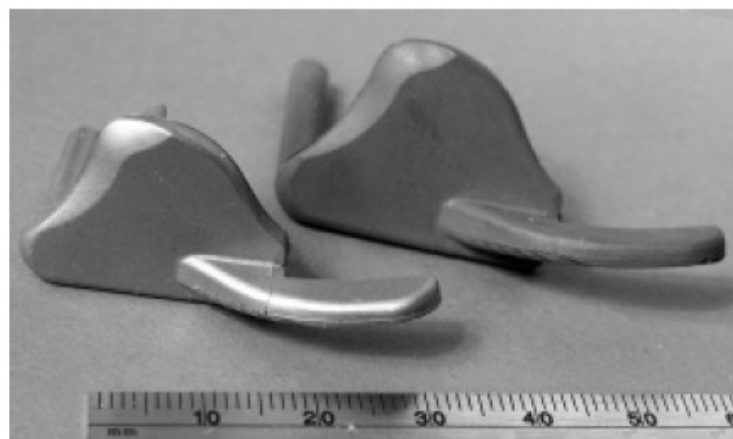
- możliwość uzyskiwania wytworów złożonych z kilku elementów, bez dodatkowej operacji łączenia, np. metodą zgrzewania, co przyczynia się do obniżenia kosztów ich wytwarzania.
- eliminuje się błędy wynikające z niedokładności procesu zgrzewania; wyroby są powtarzalne i lepszej jakości niż zgrzewane
- proces prowadzi się na jednym stanowisku roboczym, dzięki czemu jest możliwa kontrola wytworzonych produktów bezpośrednio po zakończeniu cyklu wtryskiwania
- produkcja jest uproszczona i realizowana na mniejszej powierzchni roboczej, nie potrzeba zapewniać transportu i magazynowania elementów przeznaczonych do montażu
- wtryskiwanie z montażem można prowadzić na wtryskarkach podobnych do stosowanych w procesie wtryskiwania wieloskładnikowego, wyposażonych w specjalną formę wtryskową; niezbędne jest zapewnienie właściwego sterowania ruchem podzespołów formy.



Wtryskiwanie proszków metalicznych

Wtrysk proszków (PIM) umożliwia efektywną pod względem kosztów seryjną produkcję odpornych na obciążenia i precyzyjnych elementów z metalu (MIM) lub ceramiki (CIM). Ogromną zaletą tej wielostopniowej technologii jest możliwość produkcji elementów o dowolnych kształtach.

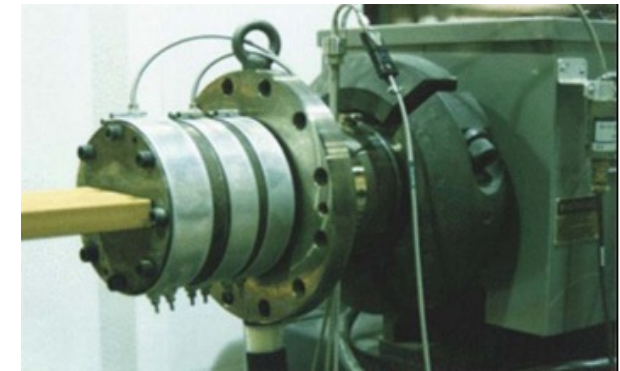
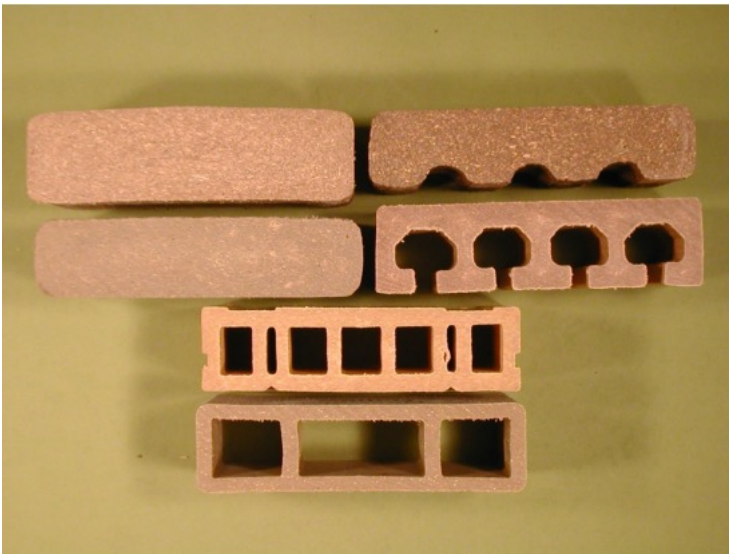




WPC

Kompozyty z włókien naturalnych nie wpływają na emisję CO₂ i spełniają wysokie wymagania ekologiczne.

Możliwość ukierunkowanego wpływania na właściwości materiałowe, takie jak wytrzymałość, chłonność wody i udarność.





**Logs, Chips,
Shavings, etc.**



Hammermill



Wood Flour



Blended

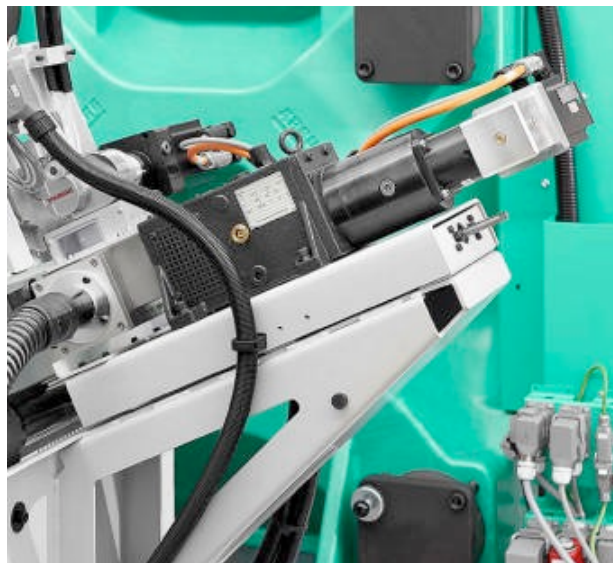


Extruded



Fibre Direct Compounding (FDC) / Bezpośrednie łączenie włókien

Technologia FDC umożliwia dodanie do stopu i przetwarzanie jeszcze dłuższych niż dotychczas włókien. Dzięki temu formowane mogą być cienkościennie wypraski o jednakowej wytrzymałości. Poza tym rozwijane mogą być nowe zastosowania w zakresie lekkich konstrukcji. Włókna, przycięte maksymalnie na długość 50 mm, są podawane za pomocą bocznego dozownika z dwoma ślimakami bezpośrednio do zespołu plastyfikującego.

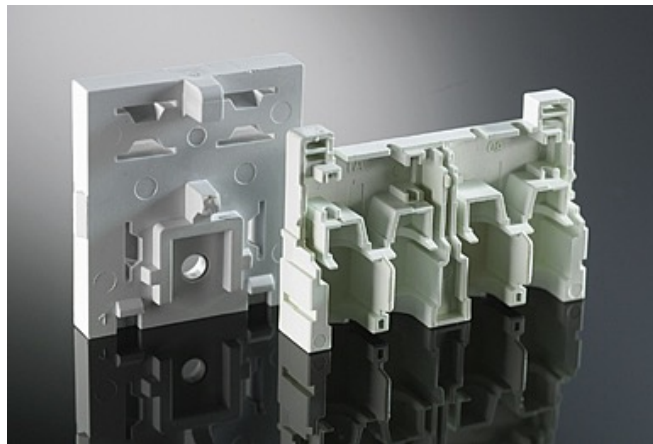


Zastosowanie pociętych włókien, zamiast granulatu długich włókien, w znacznym stopniu obniża koszty. Konstrukcja ślimaka jest dwustopniowa – pierwszy stopień umożliwia stapianie granulatu tworzywa sztucznego, a drugi – dodawanie włókien szklanych i homogenizację materiału.



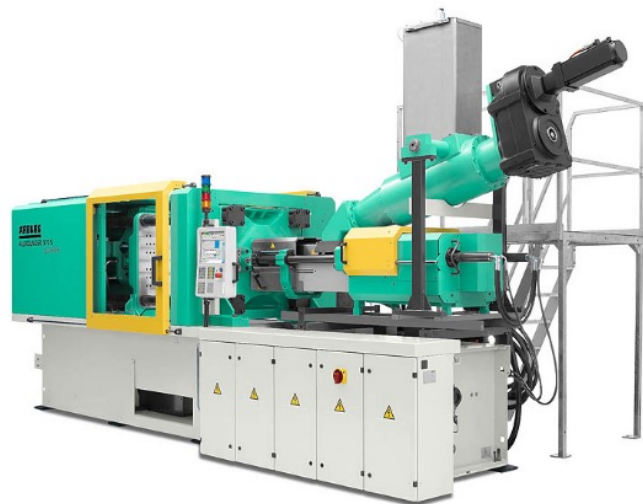
Wtryskiwanie duroplastów

Dzięki takim właściwościom jak duża wytrzymałość mechaniczna i sztywność sypkie duroplasty i tworzywo BMC są materiałami odpowiednimi do najbardziej wymagających zastosowań.



Szyna izolacyjna, o masie 290 g, z odpornego termicznie kompozytu BMC jest stosowana w żelazkach





ENGEL HP-RTM

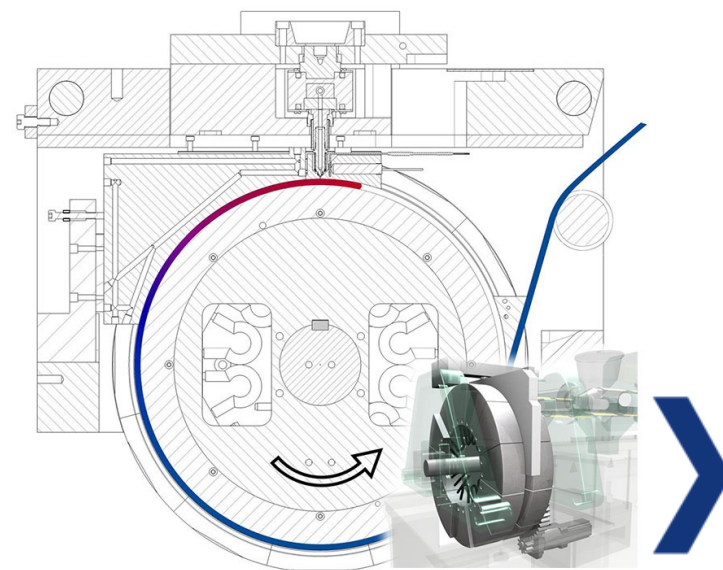
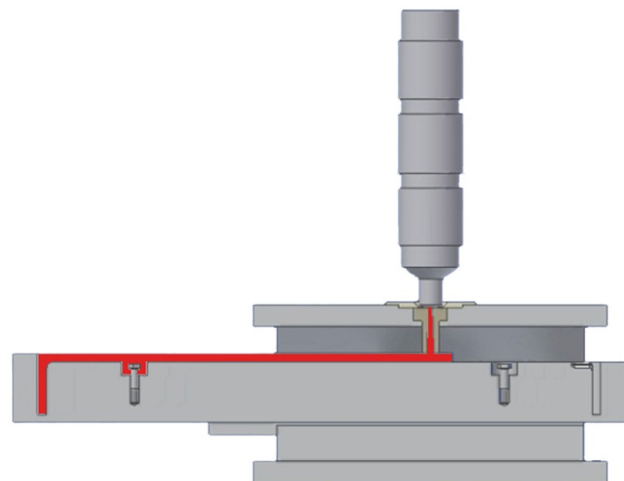


Efektywna produkcja dużych, stabilnych lekkich elementów konstrukcyjnych: technologia kompozytowa ENGEL HP-RTM umożliwia lepsze kształtowanie i zapewnia optymalne właściwości dużych części do pojazdów. W ramach tej technologii suche półprodukty włókniste są nasączone wtryskiwaną żywicą, a następnie utwardzane pod działaniem ciepła.

Technologia Exjection®

Podstawową różnicą pomiędzy technologią EXJECTION® a standardowym wtryskiem jest przesuwający się rdzeń gniazda kształtującego, zsynchronizowany z ruchem agregatu wtryskowego usytuowanego prostopadle do długiej osi maszyny.

W technologii EXJECTION® można produkować o wiele dłuższe elementy w porównaniu do technologii wtrysku tradycyjnego, ze znacznie niższym ciśnieniem wtrysku i o niższej temperaturze masy uplastycznionej. Charakterystyczną cechą nowej technologii jest stosowanie małych wtryskarek. Obok wyraźnych korzyści energetycznych, bardzo ważnym czynnikiem są niskie koszty inwestycyjne, a w rezultacie ostatecznym, niskie koszty produkcji.



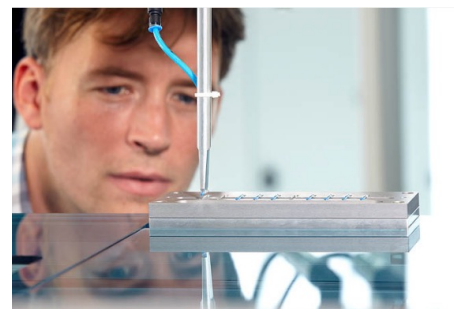
Produkcja medyczna

Tworzywo sztuczne może dodać dotychczasowym produktom nowe właściwości. Wiertła stomatologiczne z tworzywa sztucznego PEEK usuwają tylko tkankę zaatakowaną przez próchnicę – w przeciwieństwie do wiertel wykonanych z metalu. Niewielkie elementy, stosowane w gabinetach stomatologicznych, są produkowane podczas jednej operacji jako gotowe do użycia.

- Produkt końcowy gotowy do użycia – wtrysk tworzywa, pakowanie i wykonywanie nadruku odbywa się automatycznie w ramach jednej operacji
- Precyzja – lekkie wypraski, o masie 0,8 g, o tolerancji wykonania w zakresie jednej setnej milimetra
- Centralne monitorowanie – automatyzacja procesu i sterowanie urządzeniami peryferyjnymi

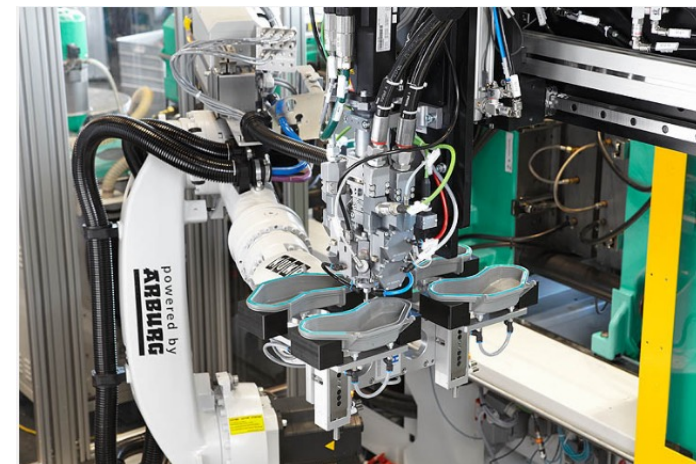
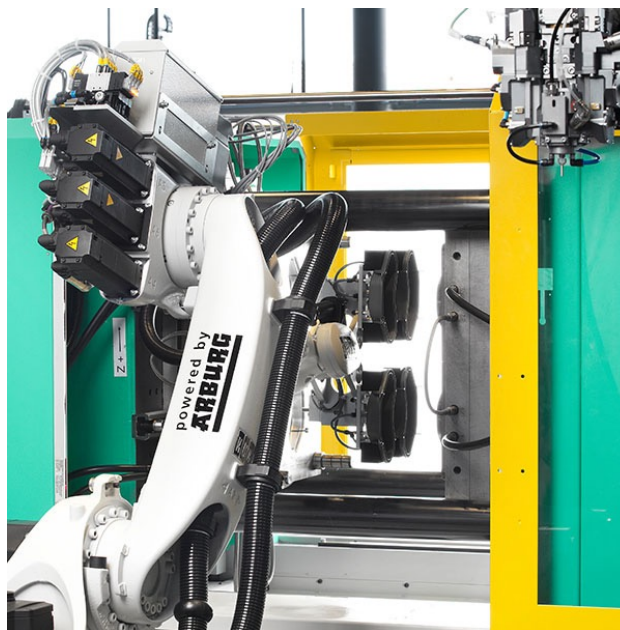
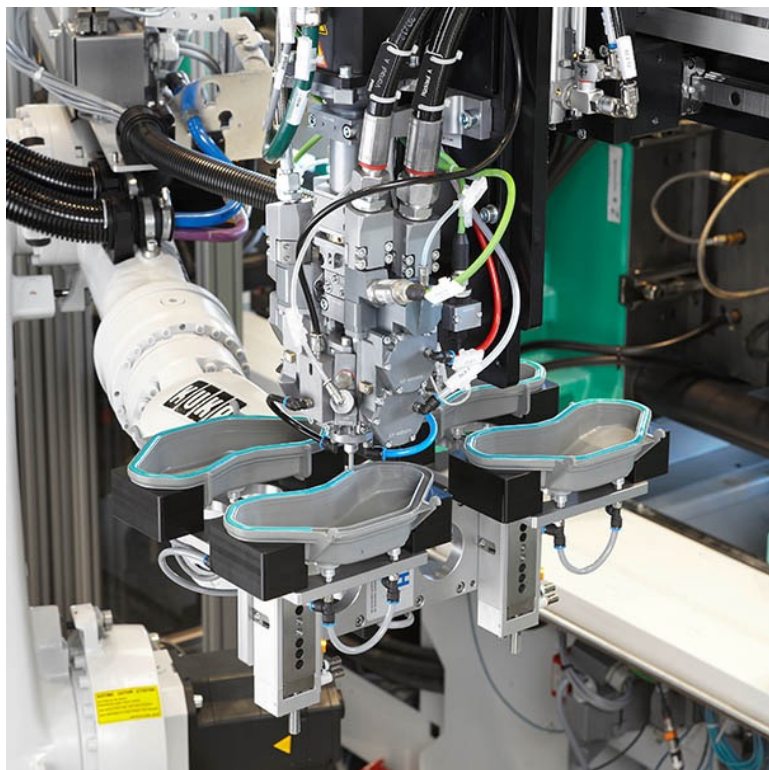


Wiertło stomatologiczne
Gniazda: 2
Masa wypraski: 0,8 g
Materiał: PEEK
Czas cyklu: 25-30 s



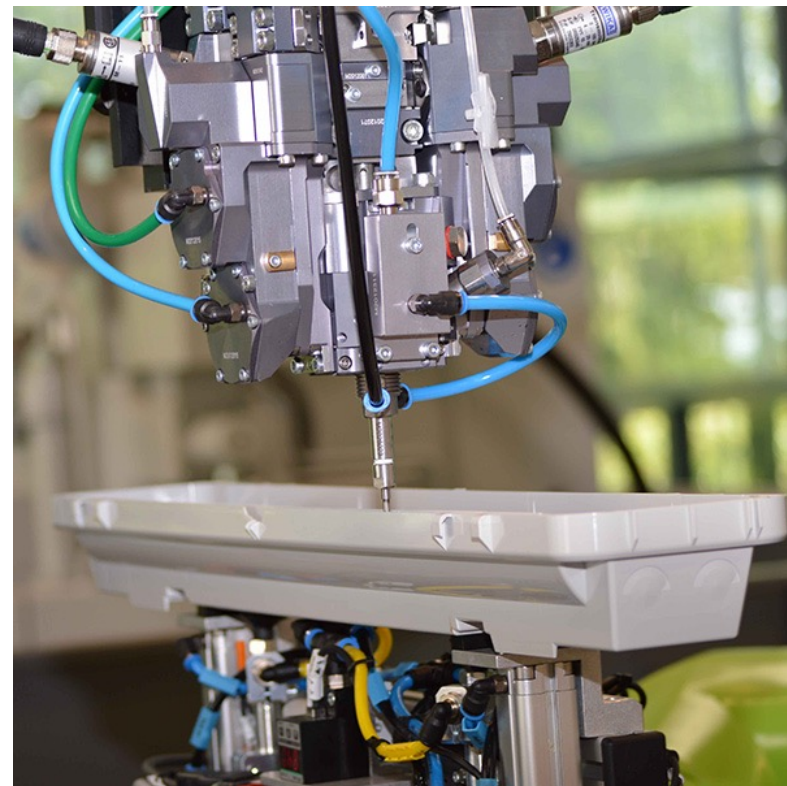
Wtryskiwanie i uszczelnianie

Technologia MOLD'n SEAL, która łączy procesy wtrysku i spieniania poliuretanu na jednej linii produkcyjnej. Dzięki temu można oszczędzić czas, koszty i miejsce, a także wyraźnie zwiększyć efektywność produkcji.



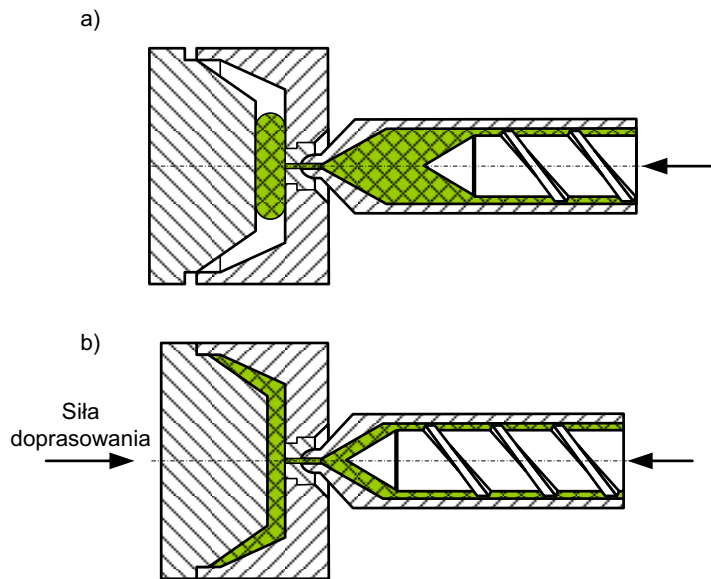
Pokrywa obudowy
Masa wypraski: 4
Masa wypraski: 68 g
Material: PP GF35





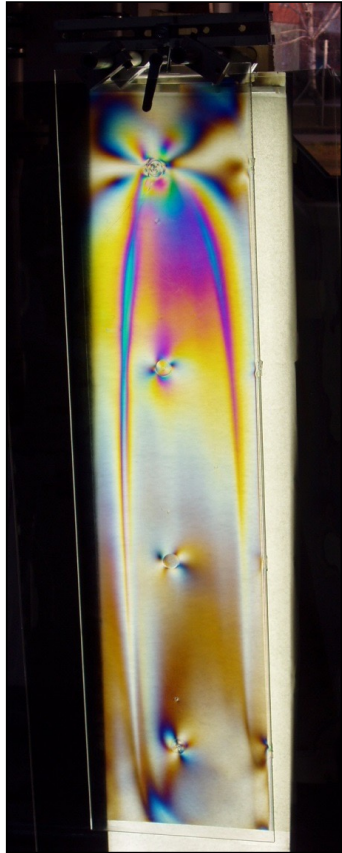
Wtrysk z doprasowaniem

Polega na wtryskiwaniu tworzywa do niedomkniętej formy. Podczas fazy docisku i ochładzania następuje ruch i domykanie formy – kompensuje to skurcz objętościowy.



Etapy procesu wtryskiwania z doprasowaniem:
a) faza wtrysku, b) doprasowanie



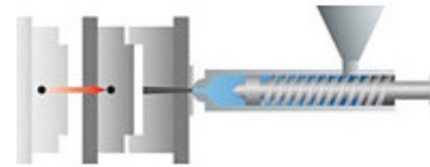


Wtryskiwanie klasyczne:
Duża siła zwarcia
Duże naprężenia



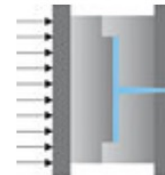
Wtryskiwanie z doprasowaniem:
Mała siła zwarcia
Małe naprężenia

Cykl Procesu



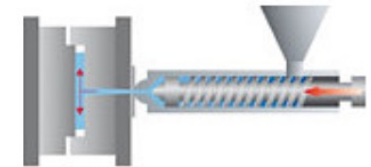
krok 1:

zamknięcie formy do wytłaczania detali



krok 3:

kompresja wprowadzonego stopionego
komponentu



krok 2:

wtrysk stopionego polimeru
termoplastycznego



krok 4:

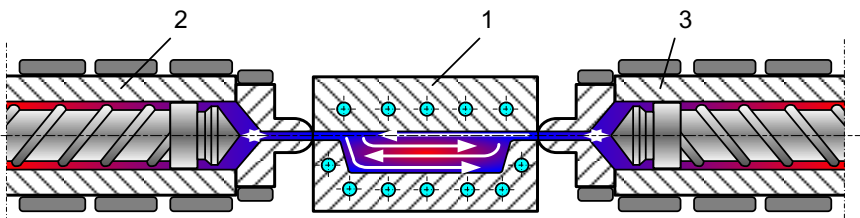
chłodzenie i odkształcanie



Wtryskiwanie pulsacyjne

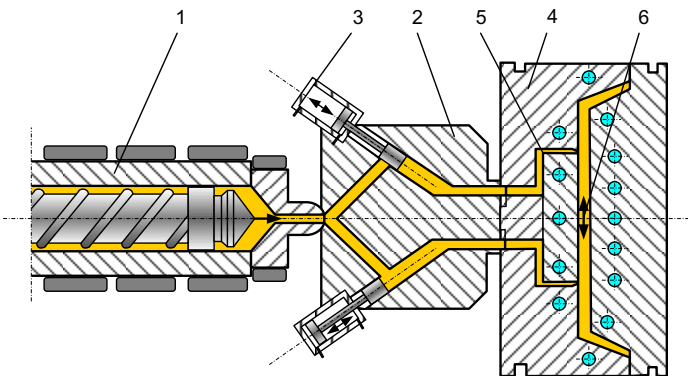
Wtryskiwanie pulsacyjne liniowe polega na wywołaniu wielokrotnego, dwukierunkowego przepływu tworzywa ciekłego w gnieździe formującym.

WTRYSKIWANIE PULSACYJNE LINIOWE



Schemat procesu wtryskiwania pulsacyjnego liniowego: 1 – forma wtryskowa, 2 - główny układ uplastyczniający, 3 – dodatkowy układ uplastyczniający

WTRYSKIWANIE PULSACYJNE ROZDZIELCZE



Wtryskiwanie pulsacyjne rozdzielcze:
1 – układ uplastyczniający wtryskarki, 2 – głowica rozdzielcza, 3 – układy hydrauliczne, 4 – forma wtryskowa, 5 – kanały doprowadzające, 6 – obszar łączenia strumieni tworzywa

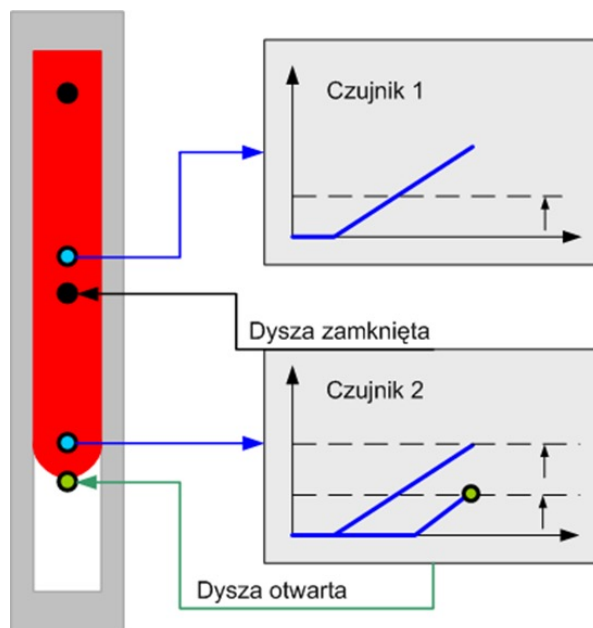


Wtryskiwanie sekwencyjne

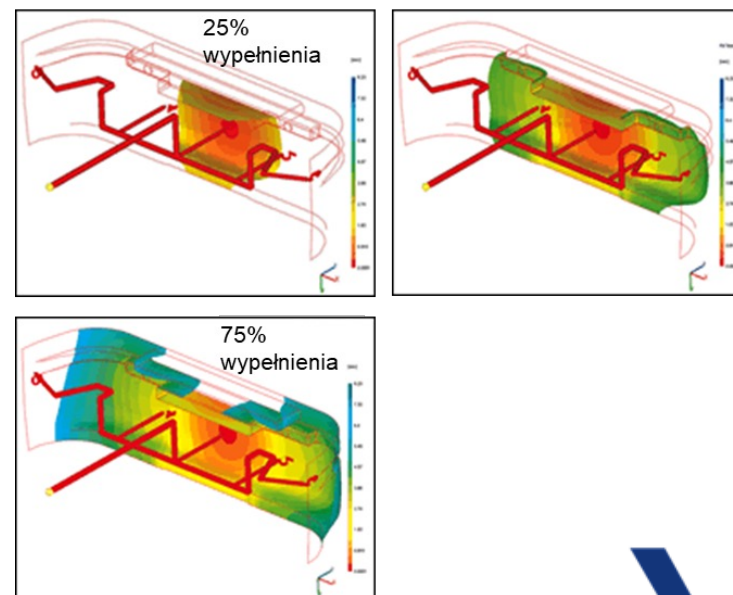
Wtryskiwanie sekwencyjne polega na niezależnym od siebie sterowaniu otwierania i zamykania dysz wtryskowych w gnieździe formującym formy wtryskowej z kanałami grzanymi w sposób umożliwiający przesunięcie obszaru łączenia strumieni tworzywa w wyprasce w określone położenie, na przykład w miejsce niewidoczne lub nieobciążone podczas użytkowania wypraski.

Wtryskiwanie kaskadowe

Polega na wypełnianiu gniazda formy z kanałami grzanymi poprzez kolejno otwierane dysze wtryskowe umieszczone wzdłuż gniazda, w sposób tworzący jedną powierzchnię frontu tworzywa przepływającego, co powoduje brak obszaru łączenia strumieni tworzywa w wyprasce.



- Dysza otwarta
- Dysza zamknięta
- Czujnik ciśnienia



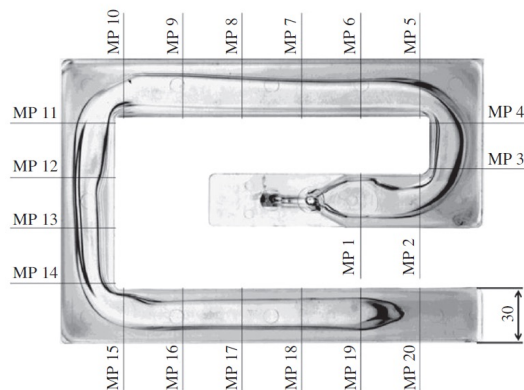
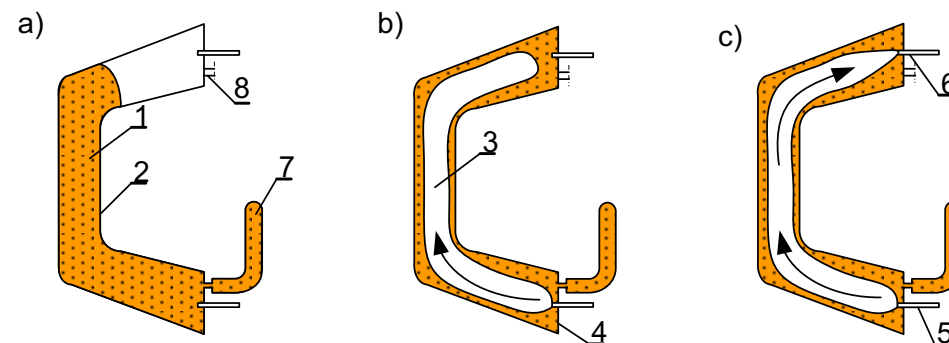
Wtryskiwanie wspomagane wodą i gazem

W metodach tych czynnikiem wspomagającym wtryskiwanie jest:

- gaz (zwykle azot)
- gaz ochłodzony kriogenicznie
- łatwo parująca ciecz
- woda.

Zastosowanie tych metod pozwala na zmniejszenie zużycia tworzywa niezbędnego do wytworzenia wyprasek o określonym kształcie i rozmiarach, co obniża koszty wytwarzania, a także koszty związane z późniejszym zagospodarowaniem odpadów.

Do tej grupy metod zalicza się też wtryskiwanie z rozdmuchiwaniem, służące do wytwarzania pojemników przeznaczonych najczęściej do pakowania płynów, a także produktów stałych.

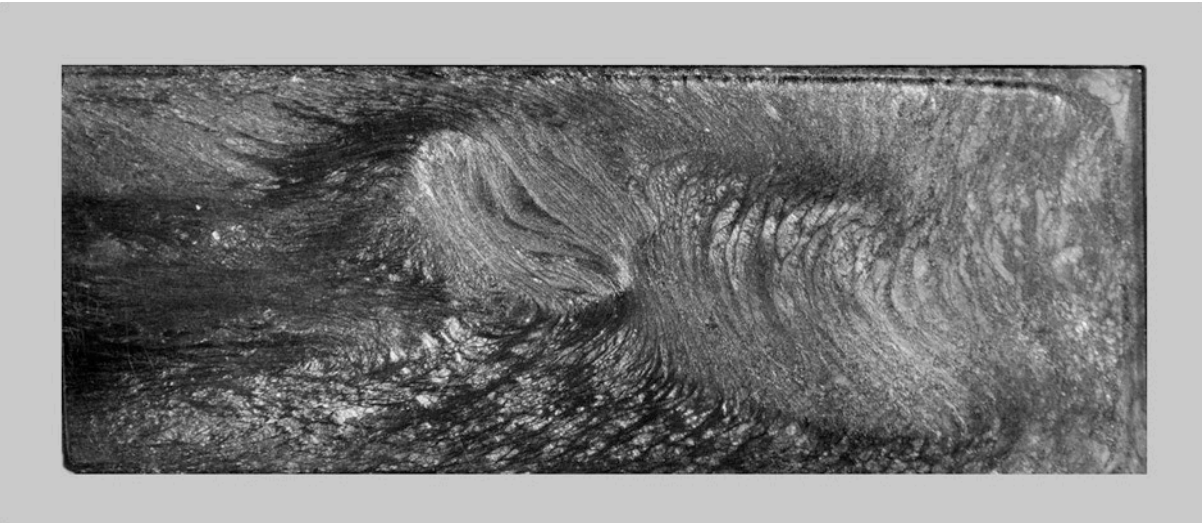
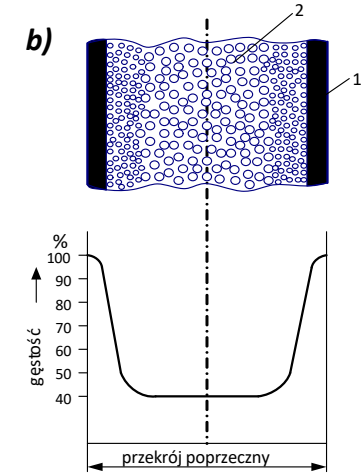
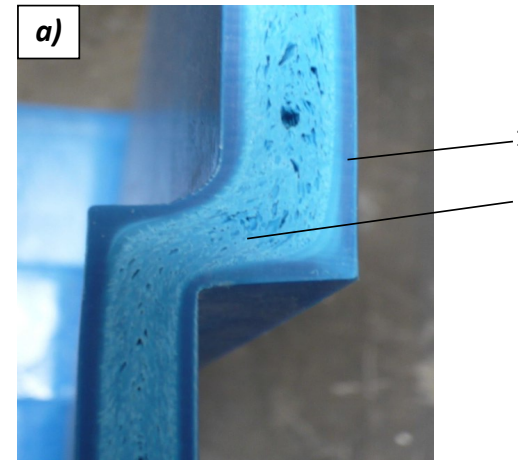


Wtryskiwanie porujące i mikroporujące

Strukturę porowatą można uzyskać poprzez dodanie środka porującego do tworzywa uplastycznionego w układzie uplastyczniającym wtryskarki lub bezpośrednio do gniazda formującego.

Środki porujące (porofory) dzielą się na:

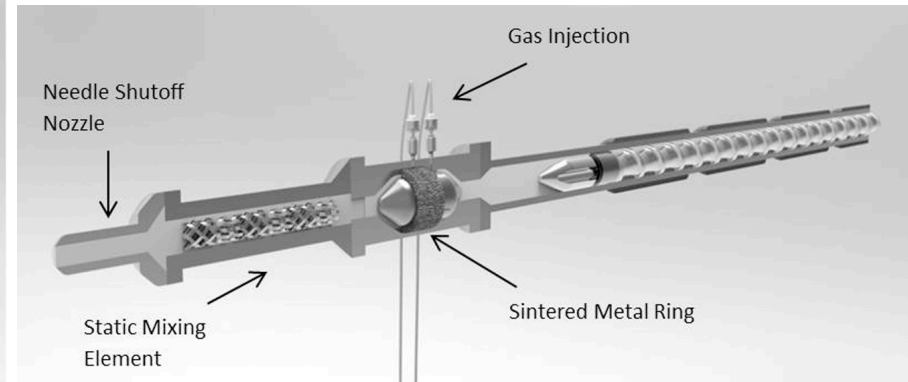
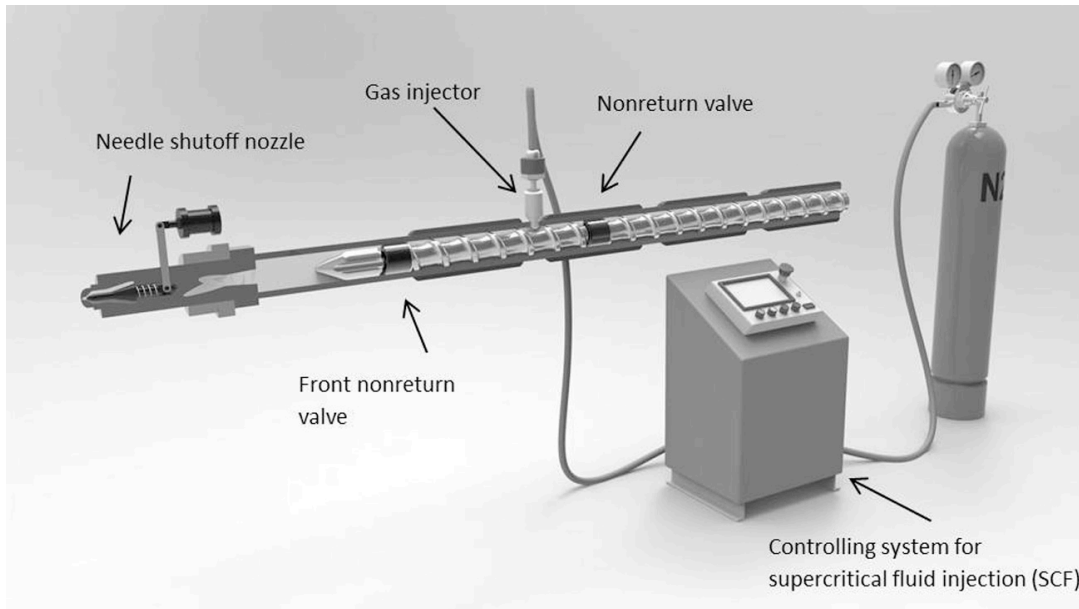
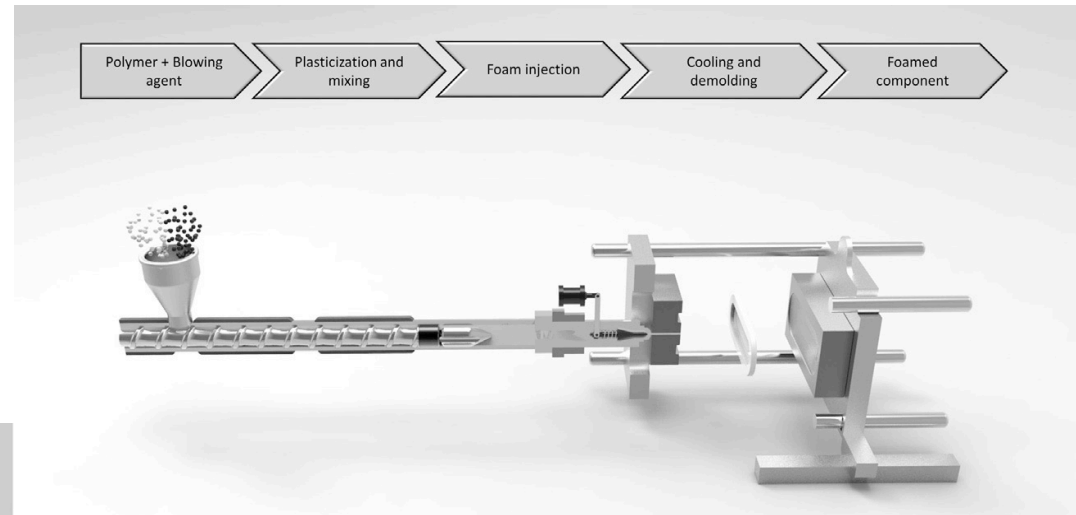
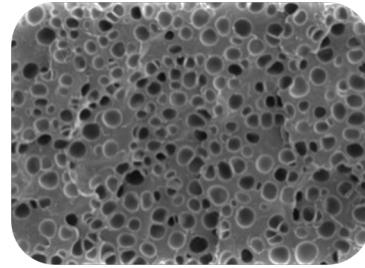
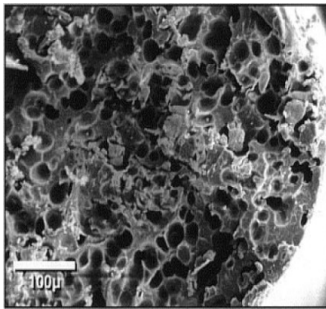
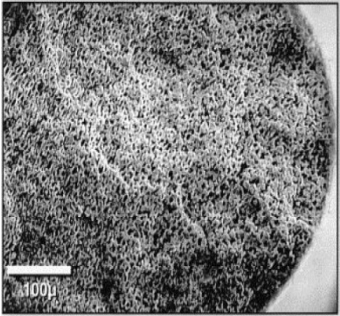
- chemiczne (porofor chemiczny)
- fizyczne (gaz obojętny: azot lub dwutlenek węgla)



	Compact skin layer
	Outer foam core
	Inner foam core
	Outer foam core
	Compact skin layer



Wtryskiwanie porujące i mikroporujące



IMD, IML InkBot ,InMold Decorating, InMold Labeling

IMD - Metoda ta jest połączeniem dwóch procesów: wtryskiwania konwencjonalnego oraz dekorowania wyprasek.

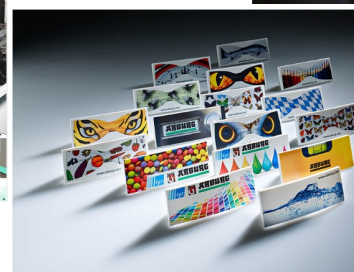
Elementy dekoracyjne mogą mieć postać:

- folii drukowanych, lakierowanych
- pojedynczych prefabrykatów

IML - Zastosowanie:

- Opakowania na żywność,
- Pojemniki na farbę,
- Elementy wyposażenia samochodów (efekt drewna/metalu)
- Meble ogrodowe (wysoka odporność na promieniowanie UV)
- Wypraski techniczne o długiej żywotności nadruku – skrzynki – odporność na tysiące cykli mycia

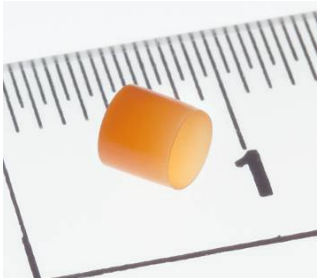
Zintegrowana produkcja wtryskowa z procesem druku cyfrowego. Technologia InkBOT umożliwia drukowanie w bardzo elastyczny sposób – bez marginesów, nawet na wypukłych wypraskach. Dzięki manipulatorom można zintegrować także następne operacje procesu, takie jak montaż lub pakowanie.



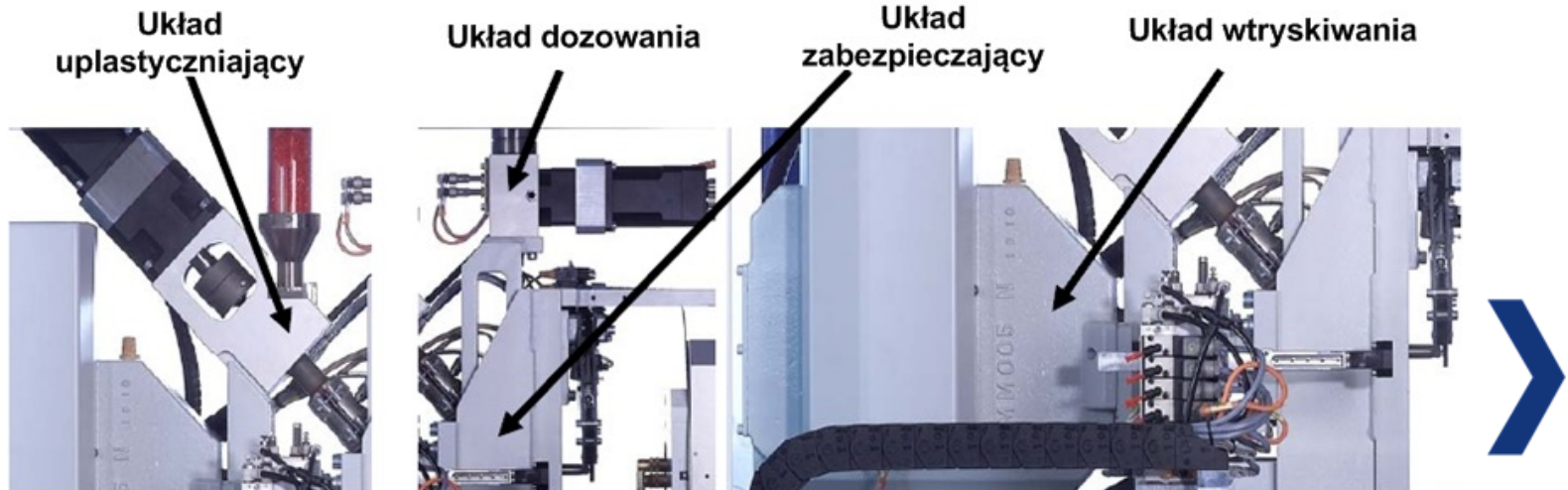
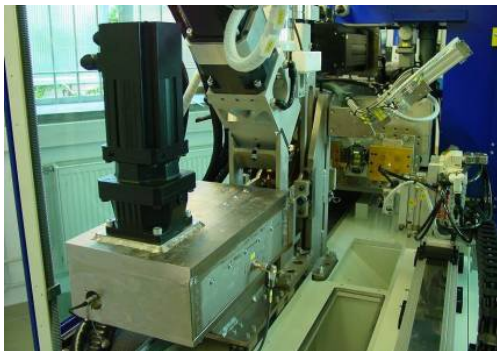
Mikro – wtryskiwanie (micro injection molding)



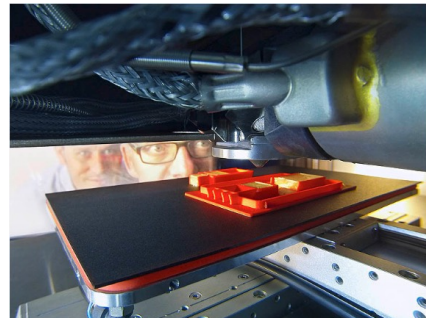
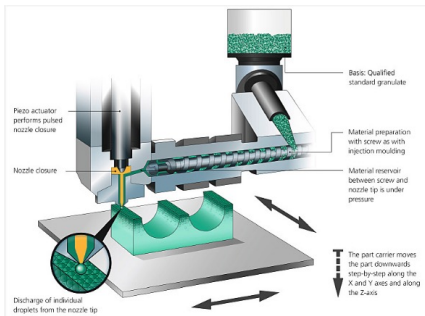
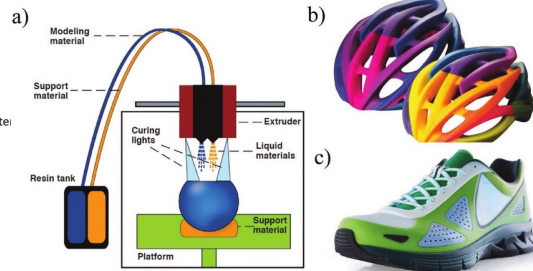
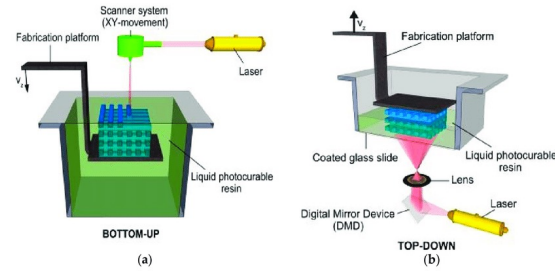
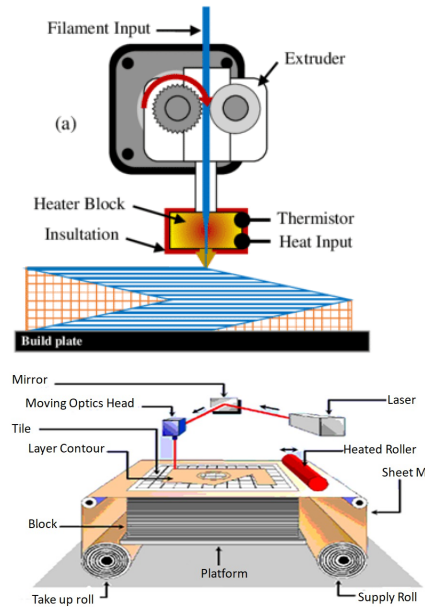
- Technologia opracowana i zoptymalizowana dla wyprasek o masie > 1g,
- Proces o wysokiej dynamice oraz szybkim cyklu produkcyjnym,
- Pełna kontrola otrzymywanych wytworów.



Metodą mikrowtryskiwania można przetwarzać prawie wszystkie tworzywa stosowane w konwencjonalnym procesie; bardziej odpowiednie są odmiany tworzyw o małej lepkości, nienapełnione. Najczęściej uzyskuje się wypraski z POM, PC, PMMA, PA, PS, PP, polimerów ciekłokrystalicznych, poliimidoeteru, kauczuków silikonowych. Prowadzi się próby wykorzystania tworzyw zawierających nanonapełniacze. Mikrowtryskiwanie tworzyw utwardzalnych stwarza problemy ze względu na długi czas utwardzania, jest możliwe przy zastosowaniu promieniowania UV do sieciowania polimeru.



Wytwarzanie wyprasek metodami addywnymi



FDM jest obecnie prawdopodobnie najczęściej stosowaną i dostępną technologią AM. Polega na wytłaczaniu włókna polimerowego przez jedną lub więcej ogrzewanych dysz, które są sterowane przez trzy osie, aby zbudować część warstwa po warstwie. W koncepcji ten proces jest najbliższy tradycyjnej obróbce CNC lub produkcji subtraktywnej; w większości systemów ten sam język programowania (G-Code) jest używany do sterowania ruchem osi.

Photocuring (SLA) - Stereolitografia była jednym z pierwszych opatentowanych procesów AM i jednym z najszerzej stosowanych we wczesnych dniach szybkiego prototypowania. Proces wykorzystuje laser (zwykle UV) lub inne źródło światła do utwardzania termoutwardzalnej żywicy polimerowej. Żywica jest przechowywana w dużej kadzi w stanie ciekłym, a platforma robocza jest zanurzona tuż pod powierzchnią.

Material Jetting (MJM, PJP) - Material jetting wykorzystuje technologię atramentową do osadzania płynnych materiałów na platformie roboczej, a następnie utwardza każdą warstwę za pomocą źródła energii, takiego jak światło UV. Każdą warstwę można zbudować szybciej niż w procesach takich jak FDM, ponieważ maszyna wykorzystuje głowicę z wieloma dyszami, a nie z jedną.

Lamination (LOM) – ma swój początek w latach 90. XX wieku i opisuje proces, który obejmuje układanie kolejnych arkuszy materiału, które są przycinane do kształtu za pomocą ostrza lub lasera, a następnie łączone ze sobą za pomocą klej.

Powder Bed Fusion (DMLS, SLS, SLM, EBM) Ta grupa procesów wykorzystuje laser o dużej mocy lub wiązkę elektronów do lokalnego i selektywnego całkowitego lub częściowego stopienia sproszkowanego materiału warstwa po warstwie w celu stworzenia obiektu 3D. Wiązka albo całkowicie topi materiał w każdej warstwie, albo dostarcza wystarczająco dużo ciepła, aby cząstki połączyły się i stopiły bez całkowitego stopienia (spiekanie).

W technologii swobodnego formowania tworzyw sztucznych **APF** – inaczej niż w dotychczasowych technologiach produkcji addytywnej – odpowiednie standardowe granulaty stapia się tak jak w produkcji wtryskowej. Maszyna wytwarza na podstawie danych 3D w systemie CAD element z bardzo małych kropelek.



POLI
[TECH] >
NIKA

Politechnika
Częstochowska



Wydział Inżynierii
Mechanicznej i Informatyki



Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki

