



Optymalizacja Procesu Przetwórstwa Wtryskowego Tworzyw Sztucznych (Optymalna Produkcja na Wtryskarkach)

PLASTECH 2024

**Artur Rakowski
RSS AUTOMATION
ul. Bydgoska 76
86-032 Niemcz
tel.797599334
a.rakowski@rss-a.com**

Optymalizacja

Metoda wyznaczania najlepszego rozwiązania z punktu widzenia określonego kryterium a zazwyczaj wielu kryteriów na raz np. jakości, kosztu, wydajności, itd.

Źródło: Wikipedia



Optymalna produkcja

Produktowanie wyrobów spełniających wymagania jakościowe Klienta przy optymalnych (zazwyczaj najniższych) jednostkowych kosztach produkcji

Pytanie

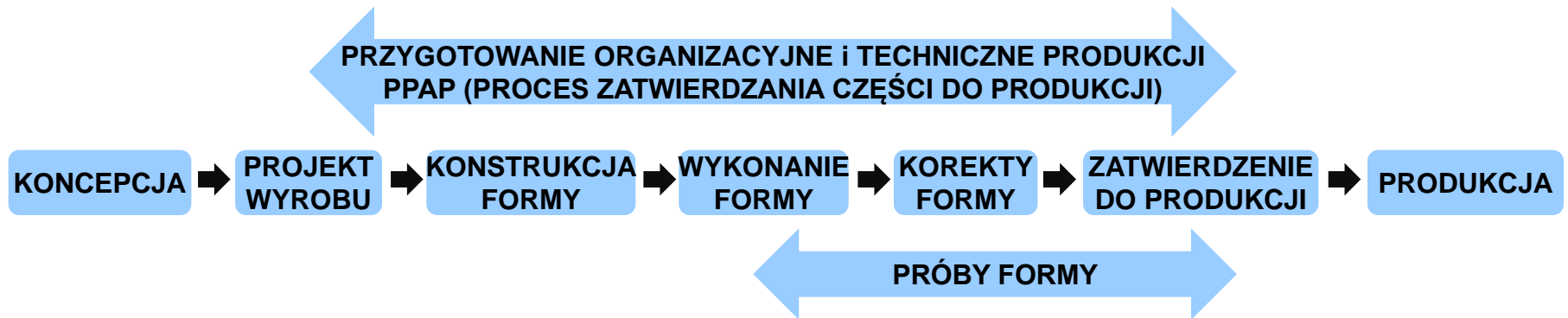
Kiedy i co możemy zrobić żeby nasza produkcja na wtryskarkach była optymalna?

TEZA

Ostateczna efektywność produkcji części na wtryskarkach (niski koszt jednostkowy) ma swoje źródła we wszystkich etapach wdrażania wyrobów do produkcji

Zatem efekty tego co zaczynamy produkować dziś mają swoje źródła w działaniach lub zaniechaniach z ostatnich tygodni, miesięcy czy nawet lat

Główne etapy wdrażania nowego wyrobu



Na wszystkich etapach wdrażania wyrobów do produkcji możemy podjąć błędne decyzje albo ich nie podejmujemy co również może być błędem. Ma to wpływ na ostateczną wysokość kosztów produkcji na wtryskarkach

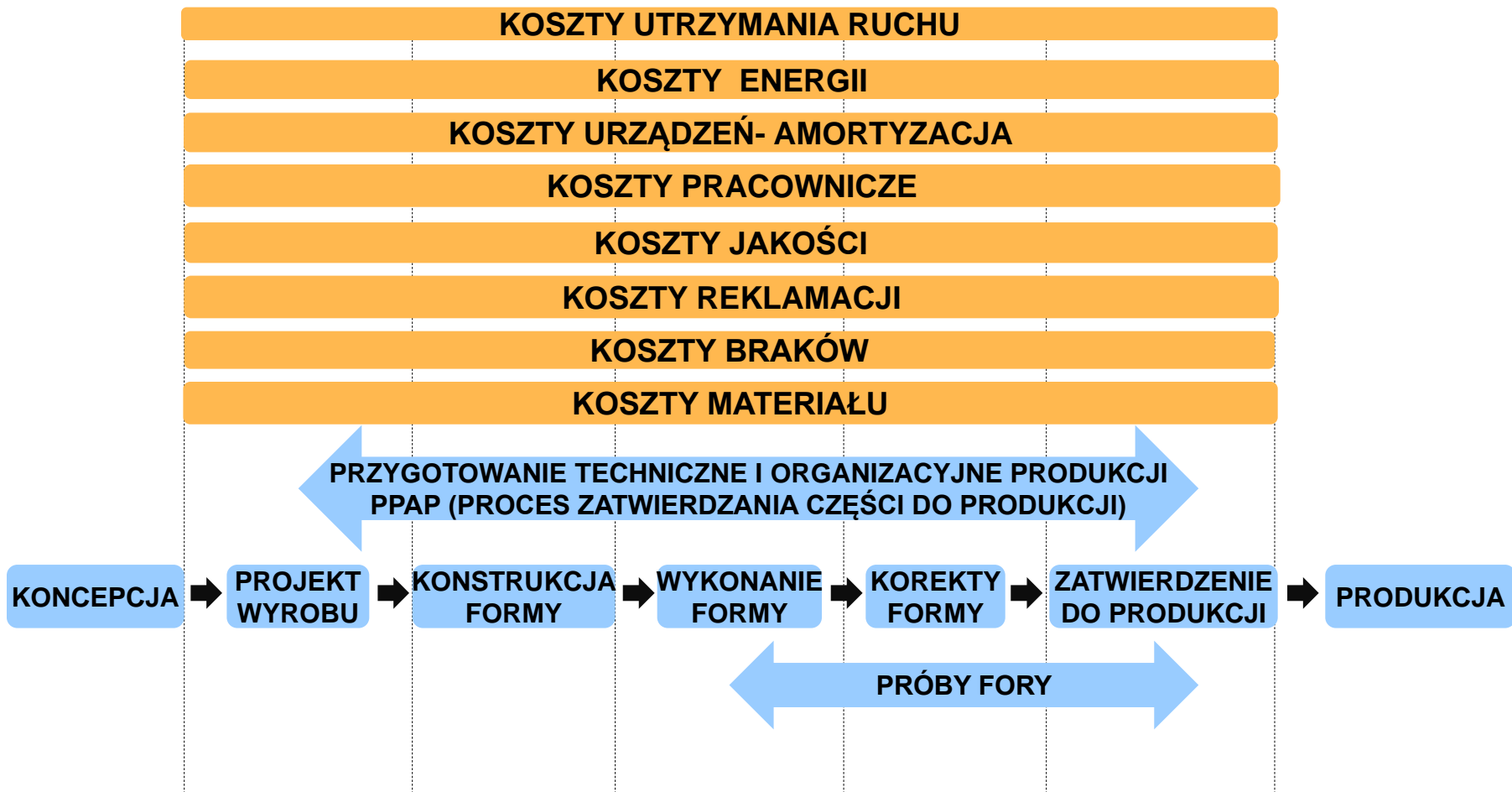
Zakres naszego uczestnictwa w procesie wdrażania wyrobu zależy od modelu produkcji

Najczęściej występujące modele produkcji:

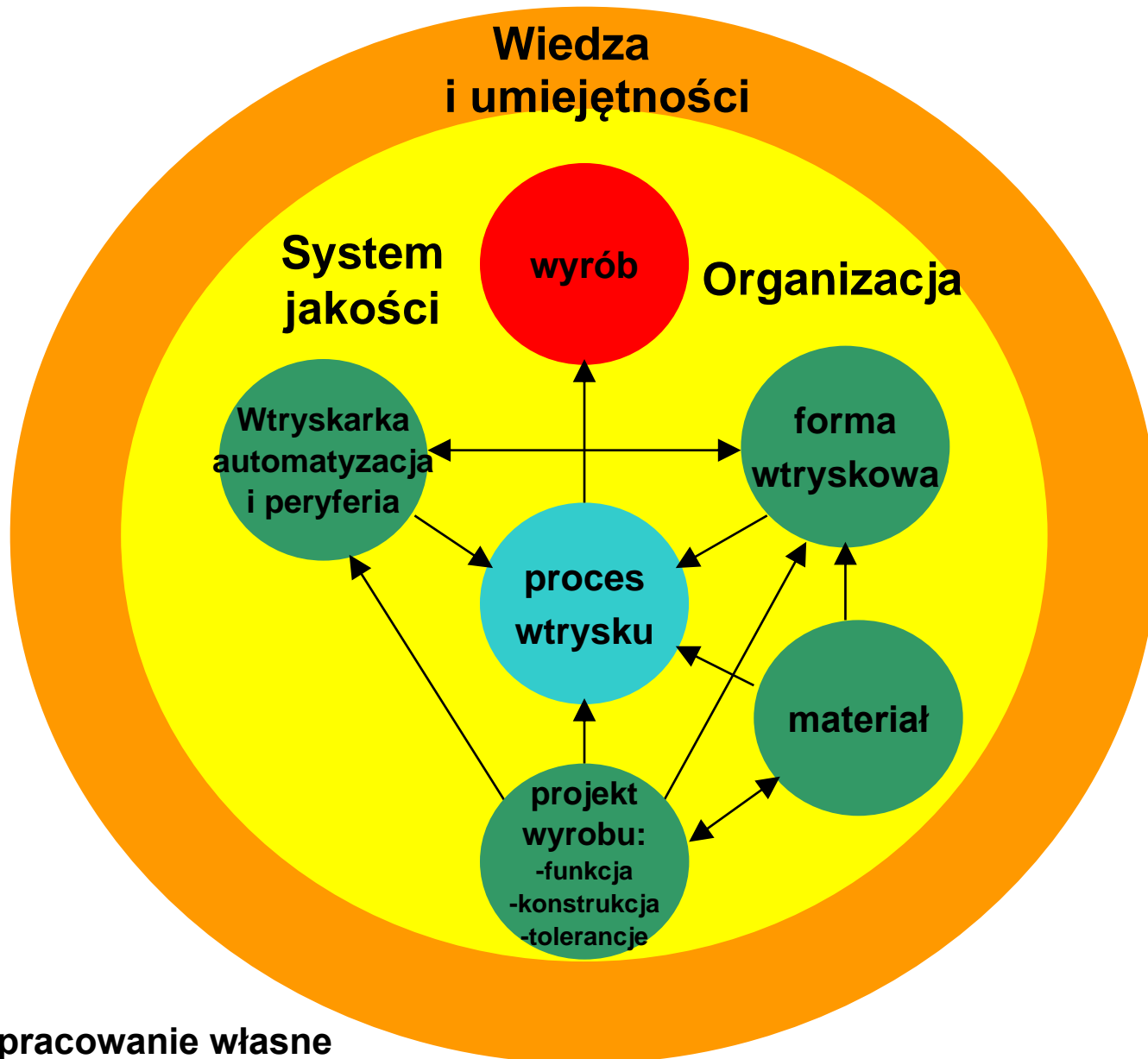
- 1. Produkcja wyrobów własnych. Wdrożenie od koncepcji i projektu wyrobu do wyrobu końcowego.**
- 2. Produkcja usługowa. Wdrożenie wyrobu końcowego na podstawie projektu wyrobu. Niewielki możliwy wpływ na projekt wyrobu. Jednoczesny nadzór jakościowy Klienta. Właścicielem oprzyrządowania jest Klient.**
- 3. Produkcja usługowa na istniejących formach wtryskowych Klienta. Jednoczesny nadzór jakościowy Klienta.**

Źródła wybranych kosztów na wydziale wtryskowym

(Wpływ decyzji z poszczególnych etapów wdrażania wyrobów na kształtowanie późniejszych kosztów)



Czynniki wpływające na jakość wyprasek i efektywność produkcji na wtryskarkach



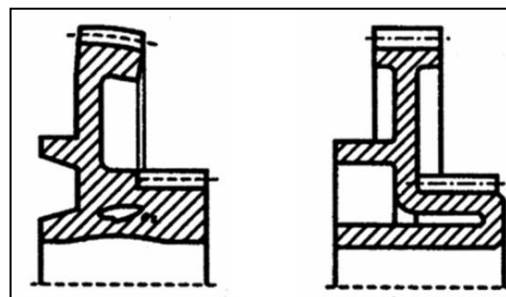
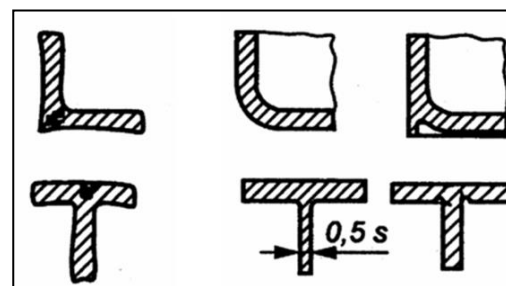
Czynniki wpływające na jakość wyprasek i efektywność produkcji na wtryskarkach

Projekt wyrobu



Projekt wyrobu

- Technologiczność konstrukcji
 - zasada równej grubości ścianek (brak węzłów)
 - zasady stosowania uźebrowań
 - promienie (przepływ, wrażliwość na efekt karbu)
 - pochylenia ścianek (prawidłowe wyformowanie)
 - zasady formowania zaprasek
 - stosowanie symulacji wtrysku
 - umieszczenie punktu wtrysku
- Konstrukcja
 - możliwie prosty kształt
 - możliwość zaformowania w narzędziu
- Tolerancje i dokładność wymiarowa
 - brak analogii do tolerancji części metalowych (dla tworzyw znacznie szersze tolerancje)
 - występowanie skurczu pierwotnego i wtórnego, anizotropia skurczu
 - zmiany wymiarów na skutek wahań temperatury
 - zmiany wymiarów na skutek zmian wilgotności (zwłaszcza niektóre materiały)
- Konieczność stosowania symulacji wtrysku (punkt wtrysku, wypełnianie, deformacje, itd.)

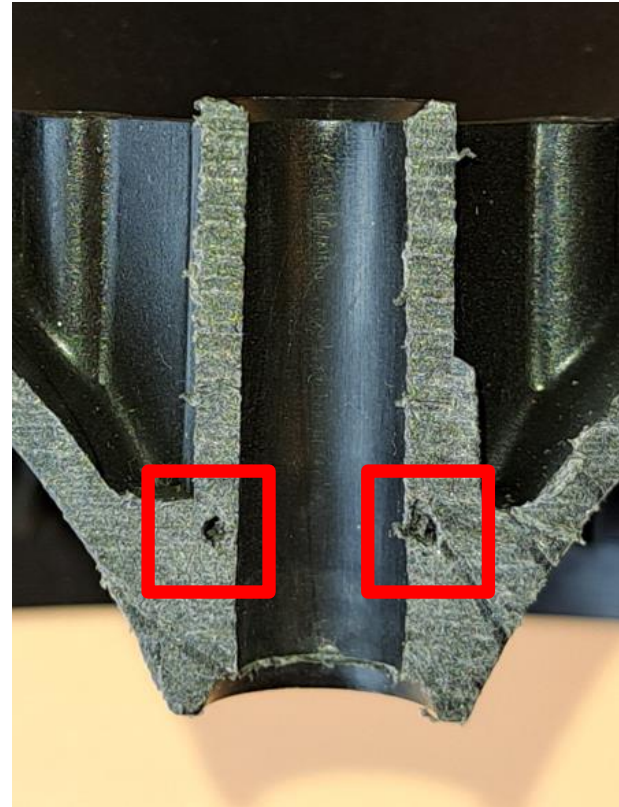


Anizotropia skurczu



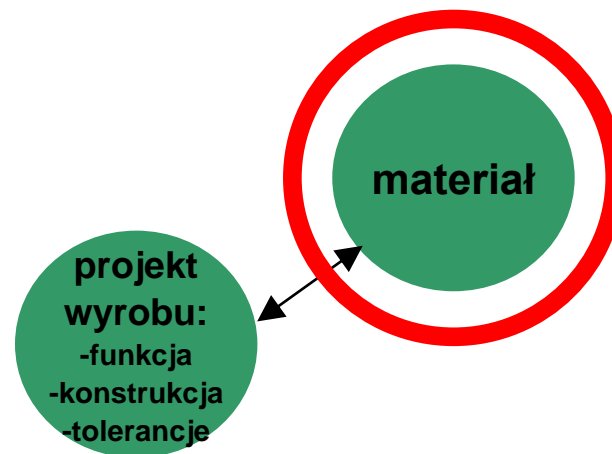
Projekt wyrobu-przykład

Nierówna grubość ścianki, zgrubienia – efekt jamy skurczowe

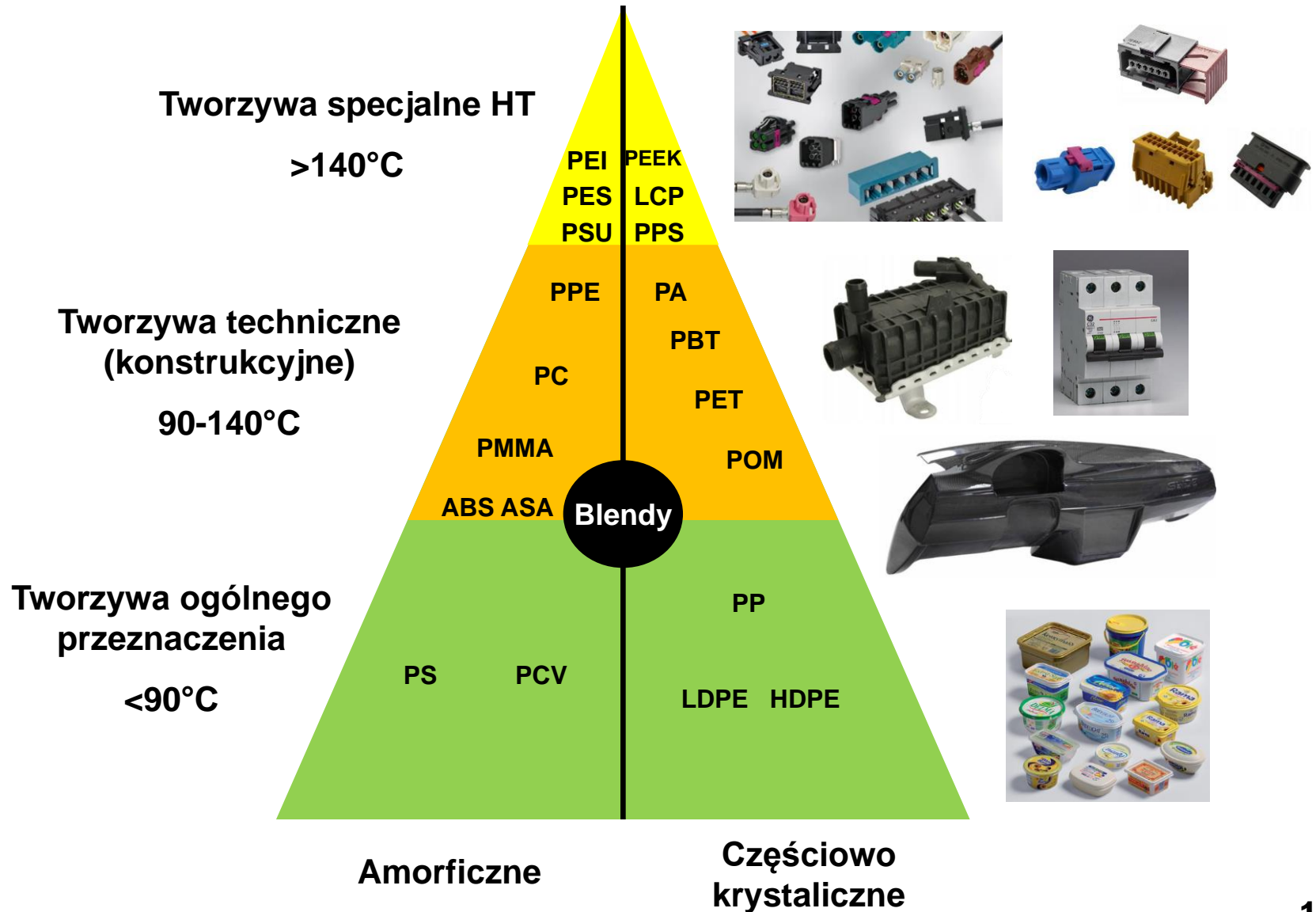


Czynniki wpływające na jakość wyprasek i efektywność produkcji na wtryskarkach

Materiał



Piramida tworzyw termoplastycznych



Materiał-aspekty

- **Niestety w większości przypadków nie mamy wpływu na dobór materiału**
- **Przed rozpoczęciem wtrysków należy zapoznać się z informacjami producenta na temat danego materiału**
- **Dobór materiału w relacji wymagania-własności-cena**
- **Dziesiątki odmian tego samego rodzaju tworzywa przy różnych własnościach**
- **Nowe, bardziej wyrafinowane materiały zazwyczaj trudniejsze w przetwórstwie**
- **Korzystanie z doradztwa technicznego producentów i dystrybutorów materiałów**
- **Świadomość różnic pomiędzy tworzywami amorficznymi i częściowo krystalicznymi**
- **Może się zdarzyć, że pewna partia granulatu może mieć odmienne niedopuszczalne własności, zauważalne w przetwórstwie**

Materiał-problemy z jakością granulatu



Przykładowe wymagania stawiane tworzywom konstrukcyjnym

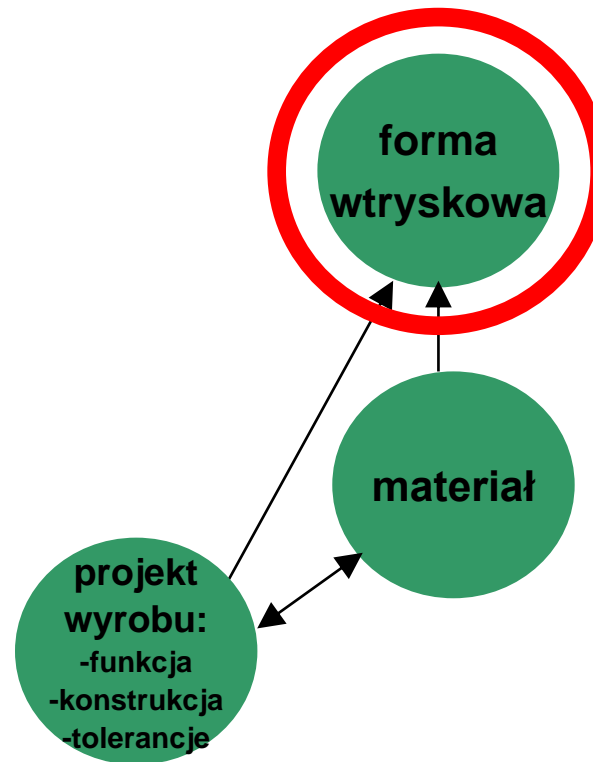
- Wysoka wytrzymałość mechaniczna i sztywność
- Wysoka udarność, również w niskich temperaturach
- Odporność termiczna (szeroki zakres temperatur)
- Odporność chemiczna
- Dobre własności dielektryczne
- Niska wartość skurczu przetwórczego i wtórnego
- Stabilność wymiarowa w dużym zakresie temperatur
- Odporność na promienie UV
- Trwałość cech w długim okresie czasu
- Niepalność (ewentualnie uniepalnienie bezhalogenowe)
- Niska chłonność wilgoci

Dla detali o funkcji estetycznej

- Transparentność
- Estetyka powierzchni
- Możliwość malowania (na mokro lub proszkowo)

Czynniki wpływające na jakość wyprasek i efektywność produkcji na wtryskarkach

Forma wtryskowa

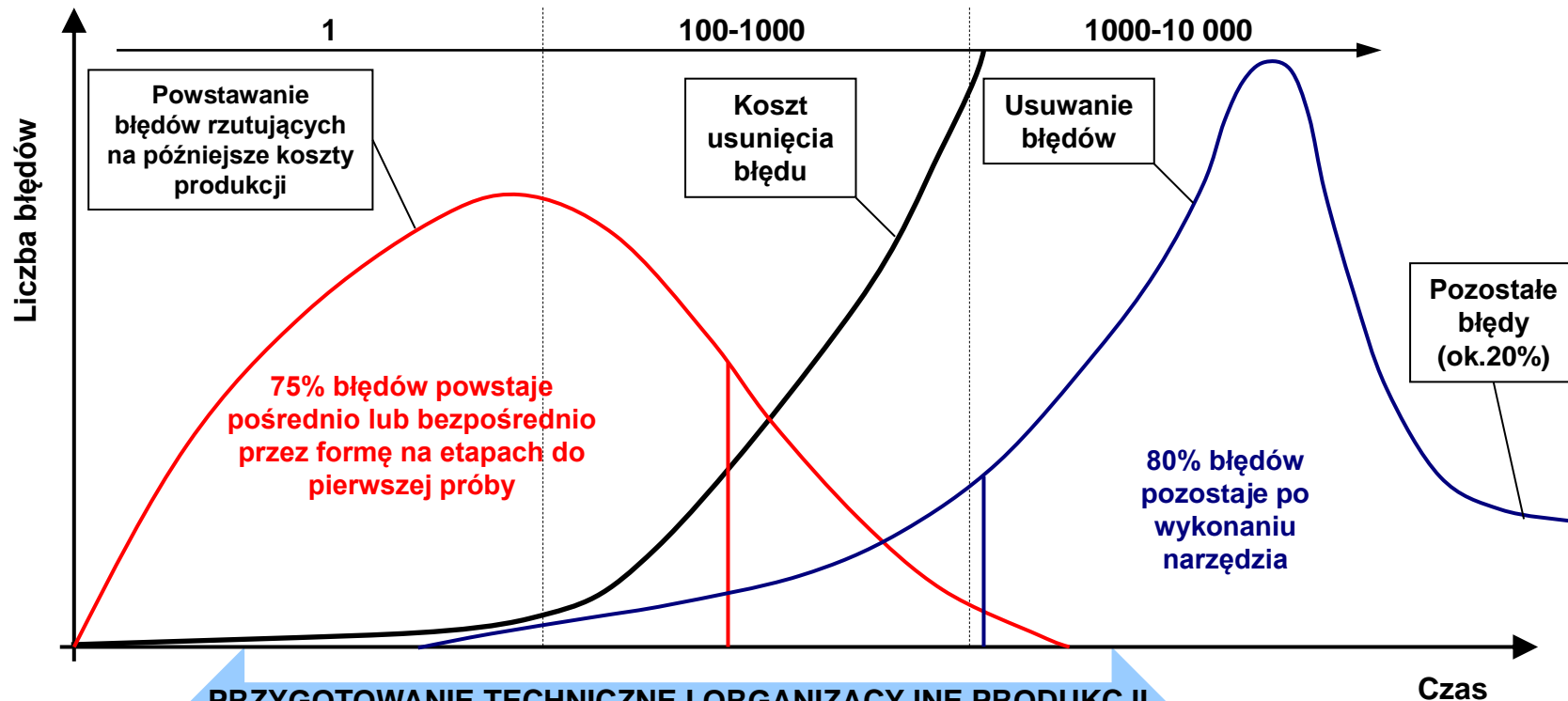


Forma wtryskowa jako najsłabsze ogniwo procesu

Powstawanie i usuwanie błędów w procesie budowy formy wtryskowej kształtujących późniejsze koszty produkcji

(Źródło: Bourdon R.: Erfolg mit systematischer Werkzeug-Bemusterung und statistischer Versuchsmethodik. Referat firmy RKT-Rodinger Kunststofftechnik GmbH na Sympozjum Werkzeug- und Formenbau, Linz 13-14.04.1999-Hausmesse ENGEL)

Koszt usunięcia jednego błędu w jednostkach pieniężnych



PRZYGOTOWANIE TECHNICZNE I ORGANIZACYJNE PRODUKCJI
PPAP (PROCES ZATWIERDZANIA CZĘŚCI DO PRODUKCJI)

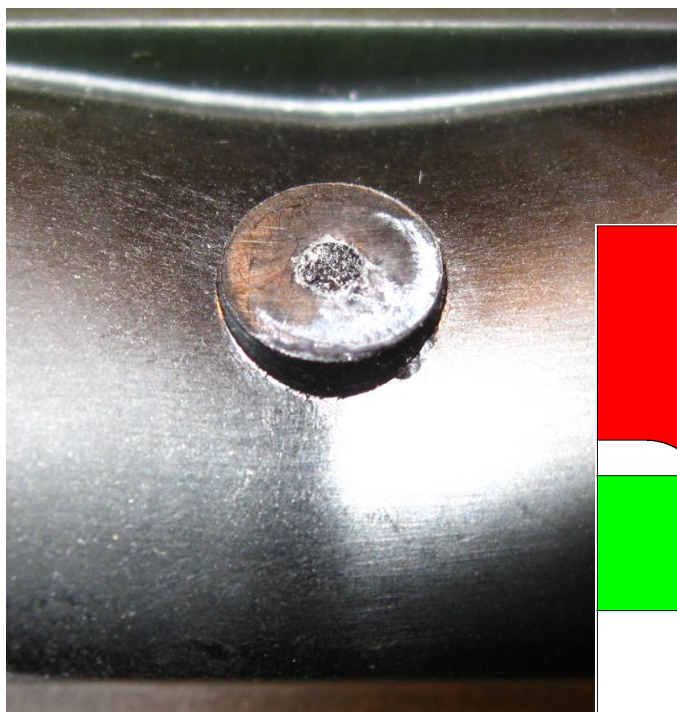


PRÓBY FORMY

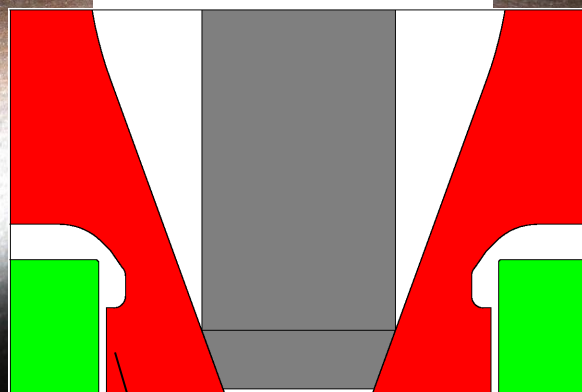
Konstrukcja formy wtryskowej - problemy

- Niewystarczające doświadczenie narzędziowni w konstrukcji form dla określonego typu detali
- Niestosowanie się do reguł konstrukcji form wtryskowych (układy technologiczne formy, układy mechaniczne formy)
- Niewystarczająca analiza detalu przez konstruktora
- Brak dialogu konstruktora formy z konstruktorem detalu
- Jakość i poprawnie dobrany gorący kanał
- Niewystarczające lub zbyt małe odpowietrzenia
- Niestosowanie analiz np. symulacja wtrysku (punkt wtrysku, wypełnianie, deformacje, itd.)
- Tam gdzie to konieczne stosowanie korekt kształtu przeciwdziałające deformacjom po procesie wtrysku
- Nieznajomość rozwiązań (np. systemy SMED, czujniki w formie, itp.)
- Niewystarczający nadzór przedstawiciela wtryskowni (zamawiającego) nad pracami konstruktora i narzędziowni
- Niewystarczająca procedura odbioru narzędzia

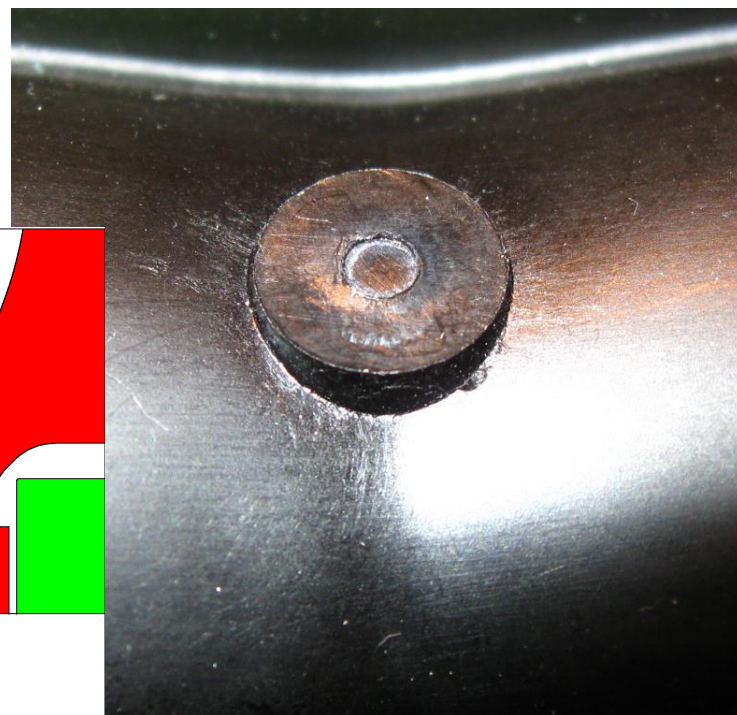
Dysze GK zamykane dla PA66GF30 – za mały i właściwy odbiór ciepła z końcówki dyszy



Luz na tulejce około 0,04
Wyrwanie i zabielenie



Luz tulejki w
otworze
matrycy

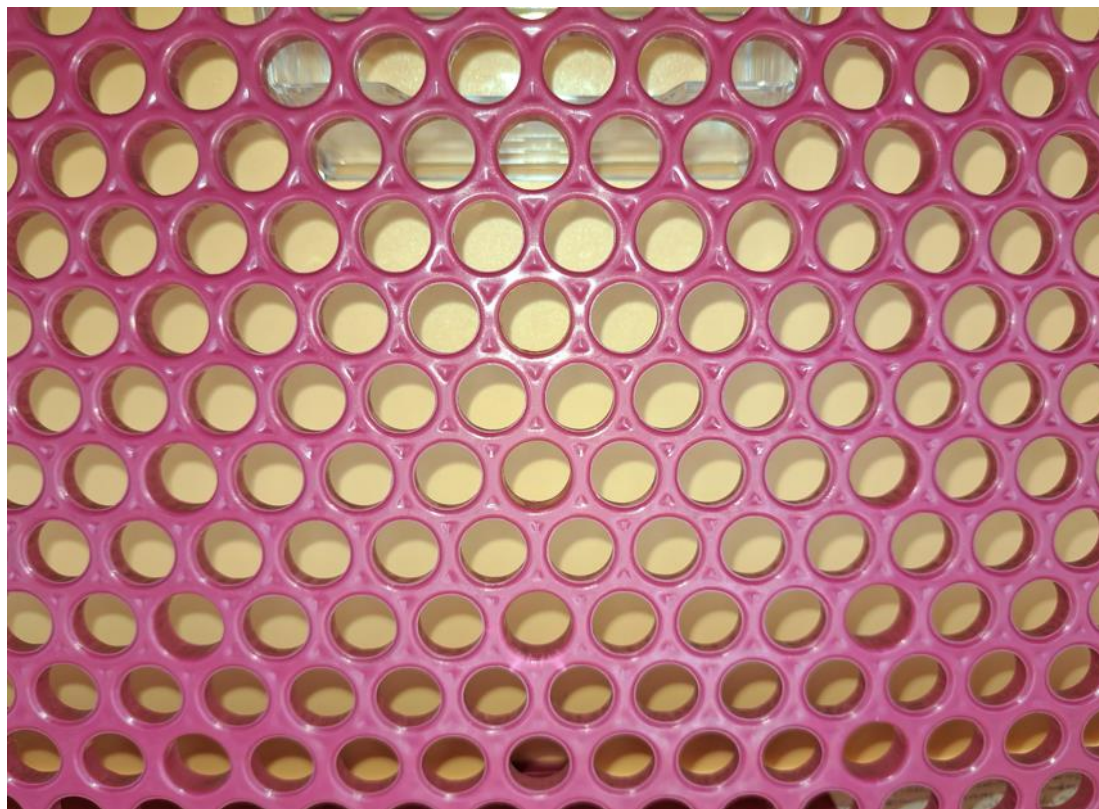


Pasowanie H7/g6
Poprawny punkt wtrysku

Konstrukcja formy – nieefektywne chłodzenie i wypychanie



Ślady wypychaczy



Zapady

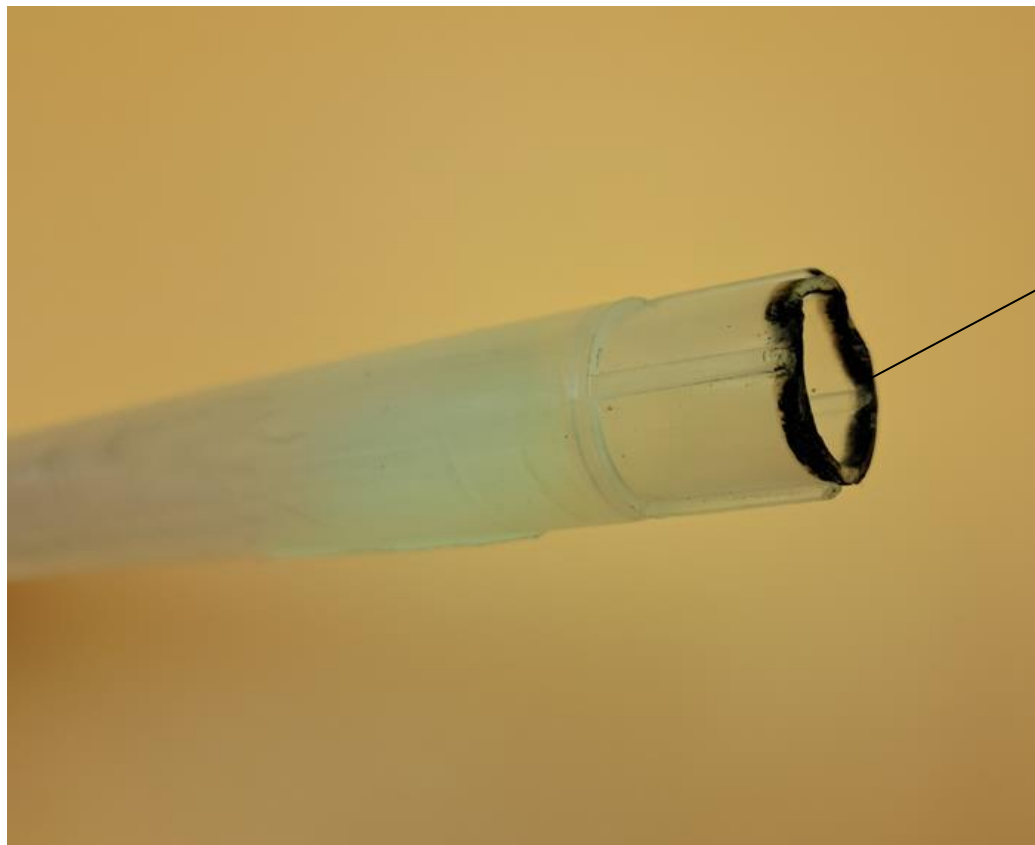
Konstrukcja formy – niewłaściwy punkt wtrysku lub za cienka ścianka



Punkt wtrysku

Problem z wypełnieniem

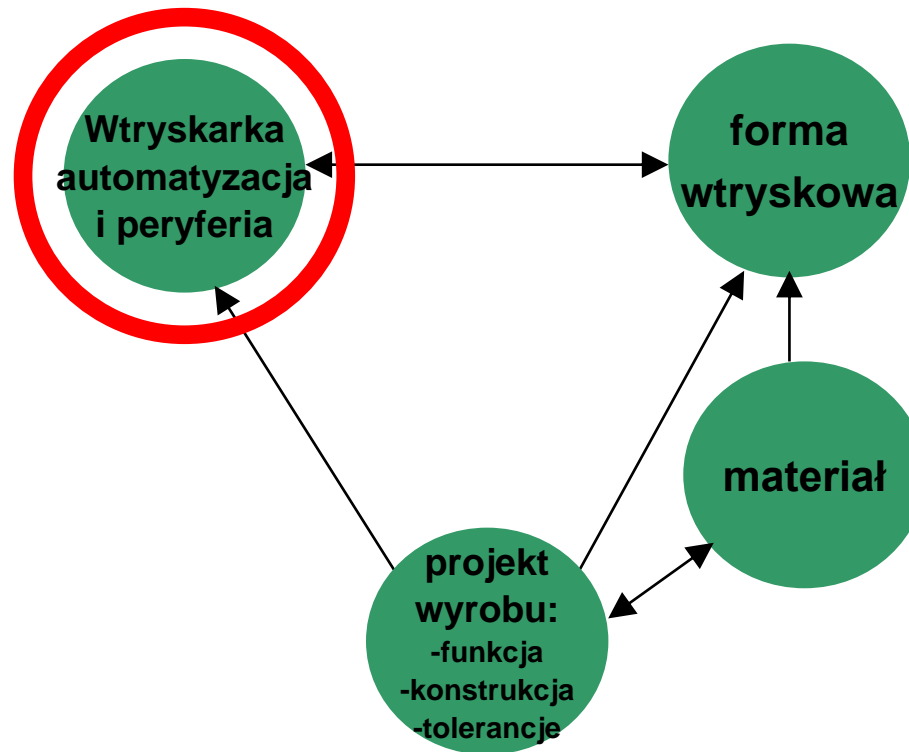
Konstrukcja formy – niewłaściwe odpowietrzenie



**Przypalenie-
efekt Diesla**

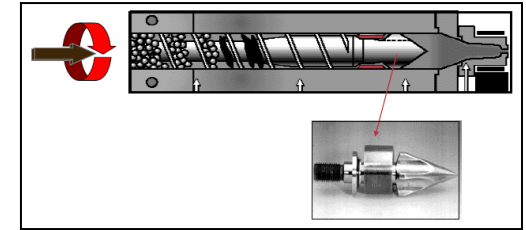
Czynniki wpływające na jakość wyprasek i efektywność produkcji na wtryskarkach

Wtryskarka, automatyzacja i peryferia



Wtryskarka i peryferia

- **Poprawny dobór wtryskarki**
 - układy uplastyczniania dedykowane różnym tworzywom (ślimak)
 - układy uplastyczniania z ochroną antyabrazyjną
 - średnica układu uplastyczniania (wtrysk na drodze 1-3D ślimaka)
 - maksymalne ciśnienie wtrysku
 - zespół zamykania (siła zwarcia, wymiary charakterystyczne, wtryskarka bezkolumnowa)
 - dokładność wtryskarki
 - szybkość zespołów wtryskarki nie zawsze musi być priorytetem
- **Wzgląd na wielkość form (często znaczne gabaryty form dla niewielkich detali) siła zwarcia wtryskarki przewymiarowana**
- **Praca wtryskarki w automacie (powtarzalność procesu)**
- **Coraz szersze stosowanie systemów SMED (przygotowanie wtryskarki pod szybkie przezbrajanie narzędzi)**
- **Okresowe przeglądy wtryskarek w tym układów uplastyczniania**
 - okresowe pomiary- zużycie ściernie, abrazyjne i chemiczne (ubytki powierzchniowe)
 - technologiczna kontrola zużycia układu uplastyczniania bez demontażu
 - regeneracja układów uplastyczniania
- **Prawidłowe czyszczenie układów uplastyczniania (szczególnie po PC)**
- **Poprawnie działające termostaty i regulatory gorących kanałów**



Układy uplastyczniania wtryskarek - zużycie



**Uszkodzona
warstwa bimetalu
cylindra**



Korozja ślimaka



**Odpadająca warstwa
zewnętrzna ślimaka**



**Zniszczenie przez
nieuplastyczniony
granulat**



**Zużyta końcówka
ślimaka**

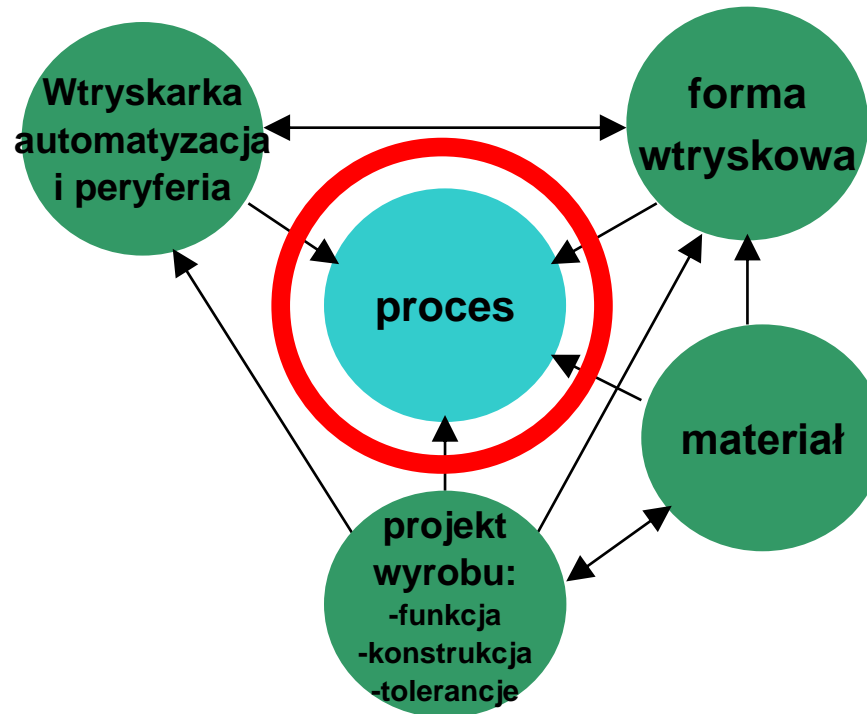
Efekt zużytego układu uplastyczniania



Odrywające się wtrącenia z układu uplastyczniania


Czynniki wpływające na jakość wyprasek i efektywność produkcji na wtryskarkach

Proces – **znalezienie właściwego okna przetwórstwa**



Przetwarzanie wtryskowe tworzyw

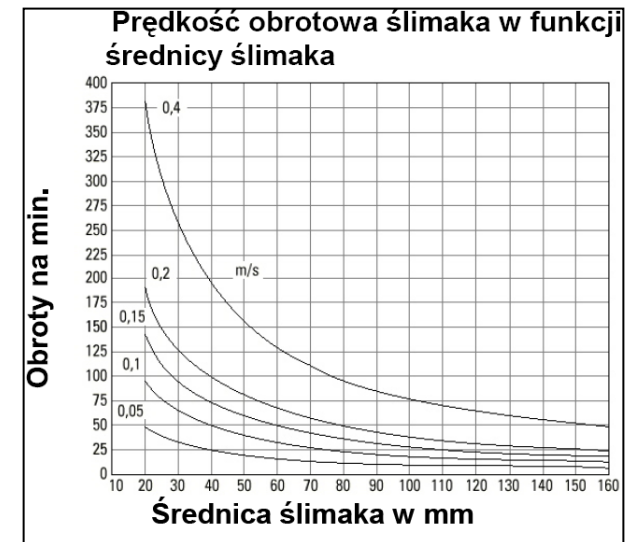
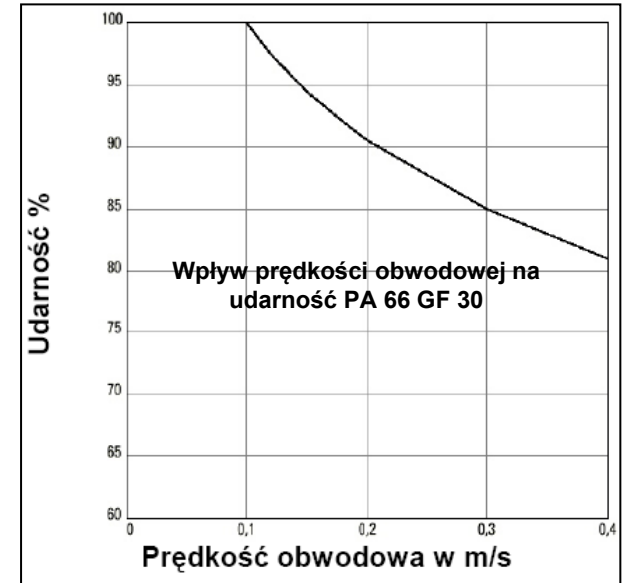
1. Nadzorowanie i serwisowanie wtryskarek, narzędzi i urządzeń
2. Przygotowanie materiału-surowca
3. Optymalne, niezmiennie parametry przetwórstwa
4. Nadzorowanie parametrów
5. Operacje po wtrysku np. kondycjonowanie wyprasek (PA)

 Parametry przetworstwa dla: Zytel® 70G30HSLR BK099 Poliamid																					
TEMPERATURA																					
1) Zalecana temperatura stopionego tworzywa:	295 °C Zakres: 285-305 °C																				
<i>Temperatury tworzywa niższe niż zalecane mogą spowodować niehomogeniczność stopu, co obniża wytrzymałość wyprasek.</i>																					
2) Profil temperatury:	<i>Zalecane temperatury stref cylindra zależą od stopnia wykorzystania pojemności cylindra wtryskarki przy wtrysku.</i>																				
Wielkość dawki wtrysku wyrażona jako Ilość średnicy ślimaka:																					
< 1 x średnica ślimaka (Profil rosnący)																					
1 - 2 x średnica ślimaka (Profil płaski)																					
> 2 x średnica ślimaka (Profil opadający)																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Strefa Tylna</th> <th>Strefa Środkowa</th> <th>Strefa Przednia</th> <th>Dysza</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>280</td> <td>285</td> <td>290</td> <td>295</td> <td>280 °C</td> </tr> <tr> <td>295</td> <td>295</td> <td>295</td> <td>295</td> <td>280 °C</td> </tr> <tr> <td>310</td> <td>305</td> <td>300</td> <td>295</td> <td>280 °C</td> </tr> </tbody> </table>	Strefa Tylna	Strefa Środkowa	Strefa Przednia	Dysza		280	285	290	295	280 °C	295	295	295	295	280 °C	310	305	300	295	280 °C
Strefa Tylna	Strefa Środkowa	Strefa Przednia	Dysza																		
280	285	290	295	280 °C																	
295	295	295	295	280 °C																	
310	305	300	295	280 °C																	
3) Zalecana temperatura formy:	100 °C Zakres: 70-120 °C																				
POBIERANIE TWORZYWA PRZEZ ŚLIKAK																					
4) Zalecana maksymalna prędkość obrotów ślimaka (by uniknąć degradacji tworzywa ze względu na nadmierne ścinanie i tarcie) zależy od maksymalnej prędkości obwodowej ślimaka:	0.2 m/s																				
Zalecana maksymalna prędkość obrotowa ślimaka:	0.2 x 60.000 / (średnica ślimaka [mm] x 3.14) [obr/min]																				
5) Zalecane przeciwciśnienie:	Najniższe możliwe																				
CISNIENIE DOCISKU																					
6) Typowe ciśnienie docisku:	35-140 MPa (na tworzywie) MPa = 10 bar																				
7) Typowy czas docisku:	2-3 s/mm grubości ścianki *																				
* Ten czas podany jest dla próbki o grubości 3 mm, jednakże można go wyznaczyć, znajdując maksymalną wagę wypraski dla różnych czasów docisku.																					
SUSZENIE																					
8) Zalecana maksymalna wilgotność granulatu:	<0.20 %																				
9) Temperatura suszenia:	80 °C <i>Zalecane stosowanie suszarki z osuszaczem powietrza!</i>																				
10) Czas suszenia:	2-4 Godzin																				

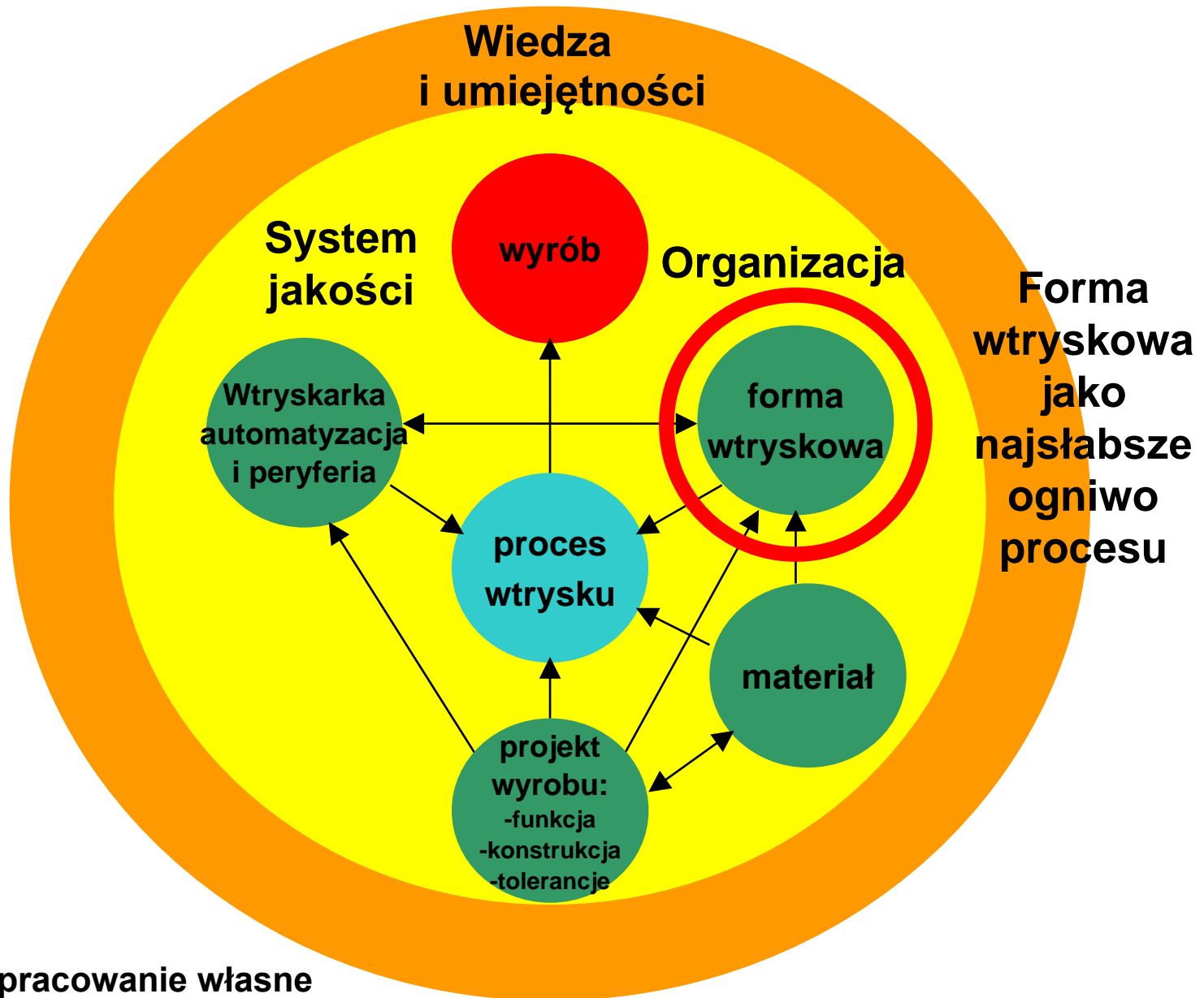
Zaleca się przestrzeganie karty materiałowej przetwarzanego materiału !

Główne parametry przetwórstwa wtryskowego tworzyw

- Temperatura wtrysku
- Profil temperatury cylindra
- Temperatura formy
- Prędkość wtrysku
- Ciśnienie wtrysku
- Punkt przełączenia z wtrysku na docisk
- Ciśnienie i profil ciśnienia docisku
- Czas docisku
- Przeciwcisnienie
- Prędkość obrotowa ślimaka



Czynniki wpływające na jakość wyprasek i efektywność produkcji na wtryskarkach



Wymagania jakościowe a koszty jakości



Kontrola podstawowych wymiarów podczas odbioru narzędzia

Równe wypełnianie, brak przypaleń

Odwzorowanie kształtu

Wymagania jakościowe determinują system jakości oraz produkcji a zatem wpływają na wysokość kosztów produkcji



PPAP - wymagany proces zatwierdzania części do produkcji

SPC – rejestracja wymaganych charakterystyk w produkcji i ich analiza

Spełnienie charakterystyk wymiarowych w tym bicia osiowego i promieniowego

Zgodny ze specyfikacją poziom wyważenia statycznego i dynamiczne



**Dziękuję
za uwagę**