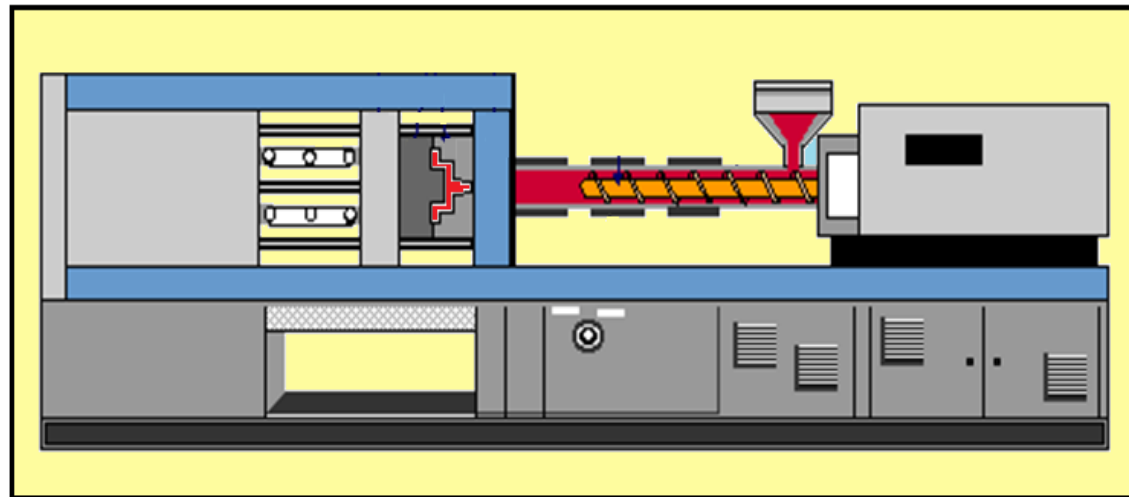
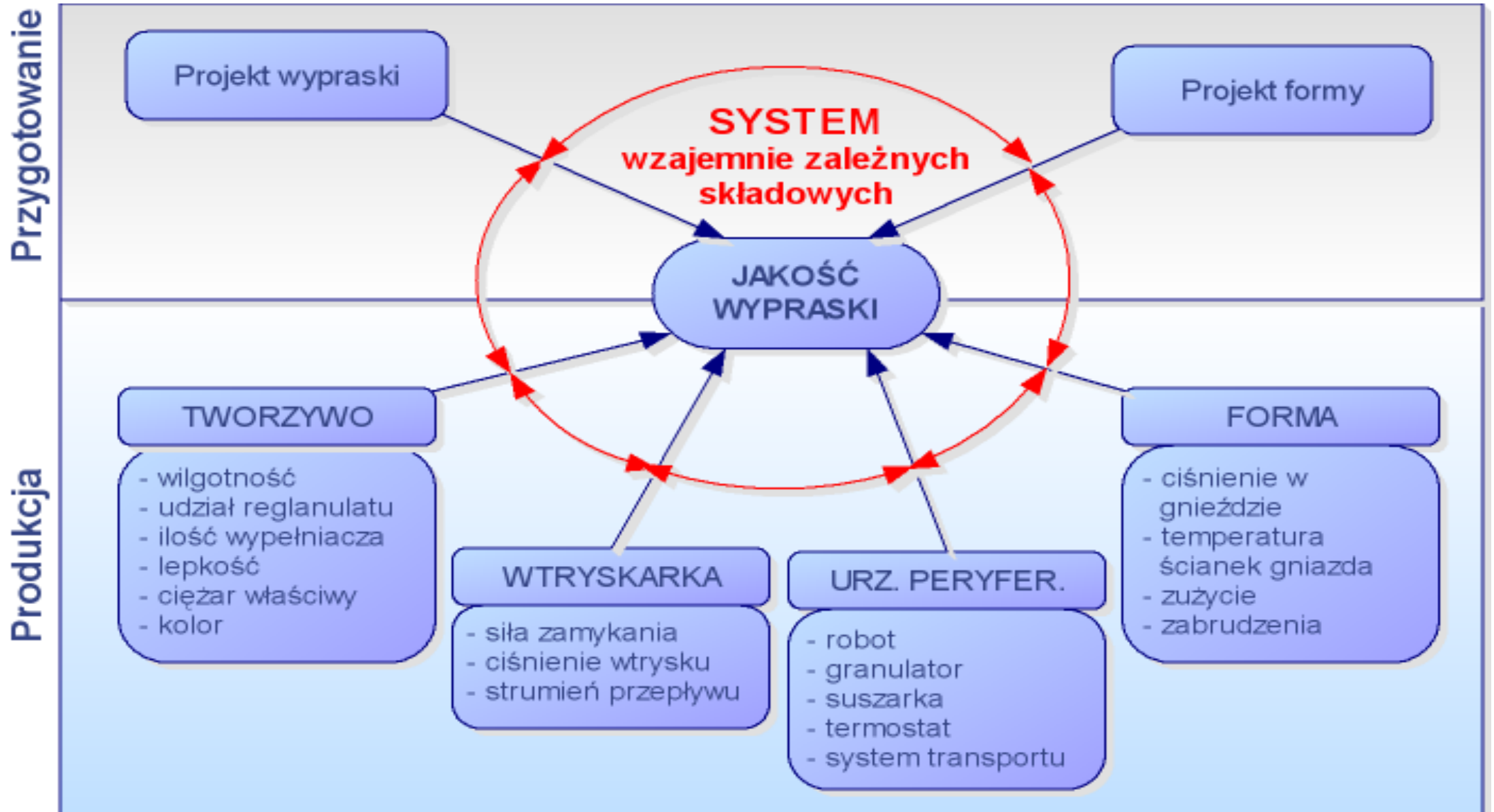


# OPTYMALIZACJA PARAMETRÓW PROCESU WTRYSKIWANIA

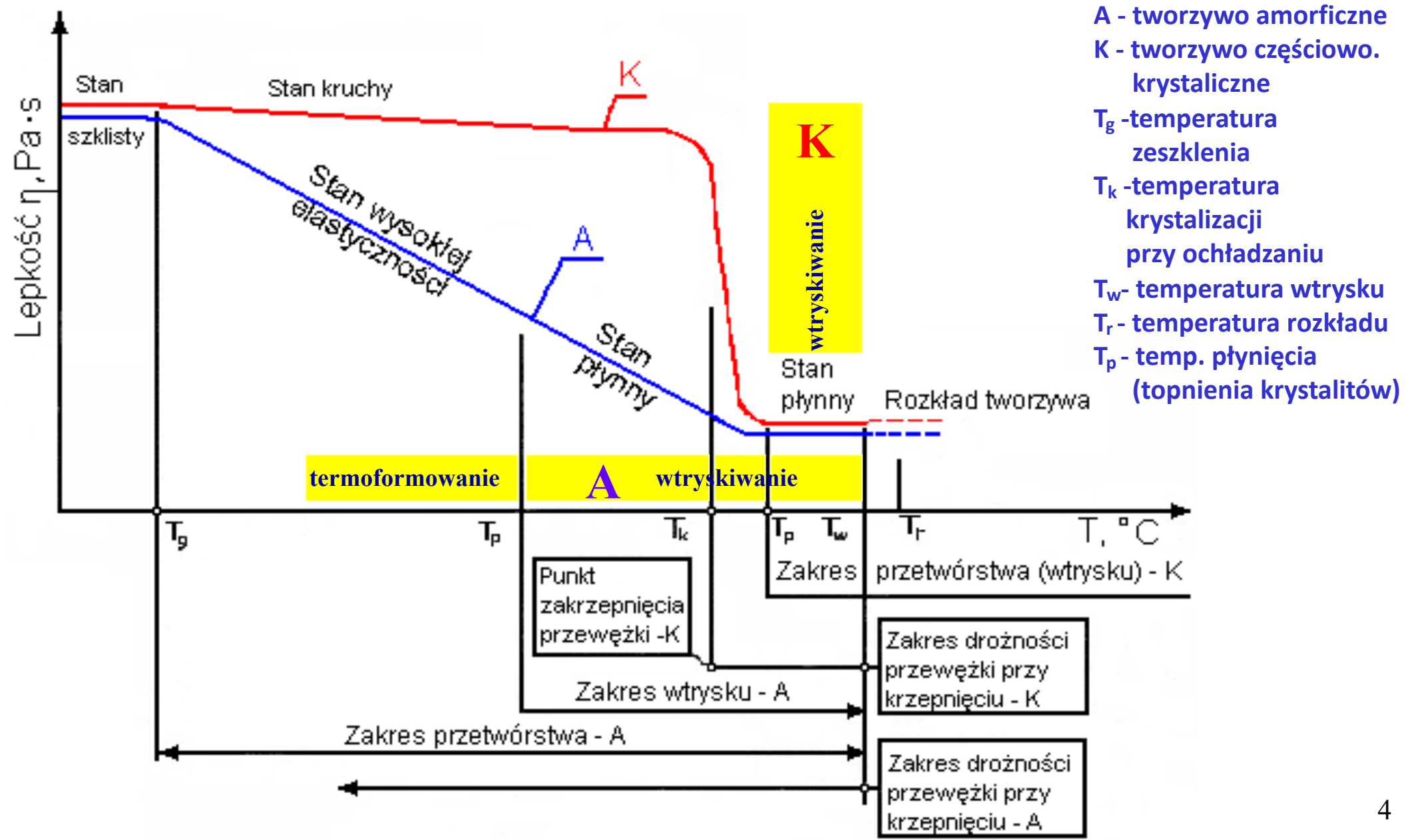


# CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA JAKOŚĆ WYPRASEK WTRYSKOWYCH

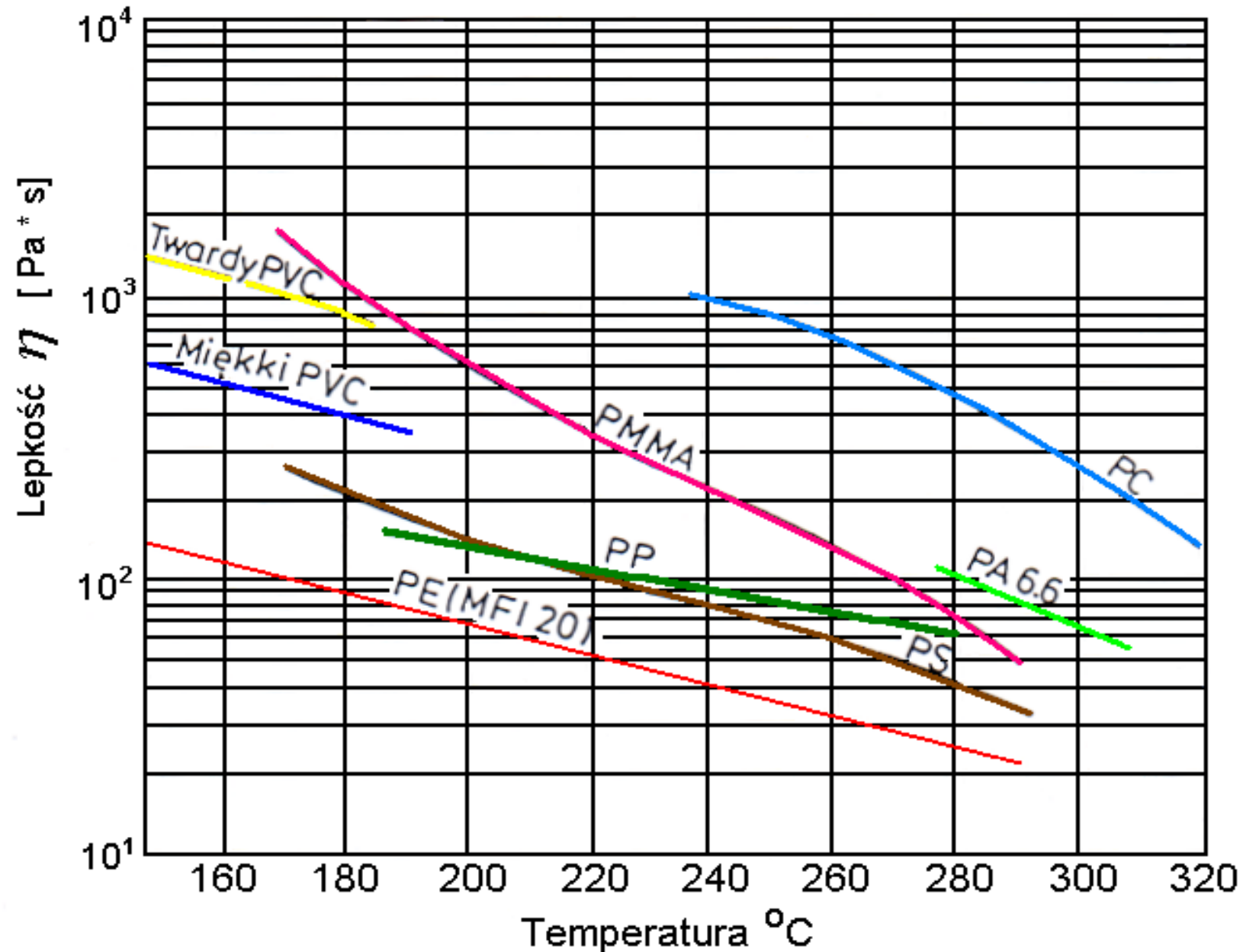


**OPTYMALIZACJA** – wyznaczanie najlepszego, ze względu na wybrane kryterium (np.: koszt, zysk, niezawodność, itp.) i spełniającego zadane ograniczenia, rozwiązania danego problemu np. prawidłowego ukształtowania wyrobów wtryskiwanych.

# ZMIANA STANU TWORZYWA ZALEŻNIE OD TEMPERATURY oraz ZAKRESY TEMPERATUR PRZEMIAN FAZOWYCH TWORZYW AMORFICZNYCH I CZ. KRystalicznych



# WPŁYW TEMPERATURY STOPU NA ZMIANY LEPKOŚCI STOPU (przy stałej prędkości przepływu – prędkości ścinania)



# ZAKRES TEMPERATUR PRZETWÓRSTWA - OKNO PRZETWÓRSTWA

- **typ 3**

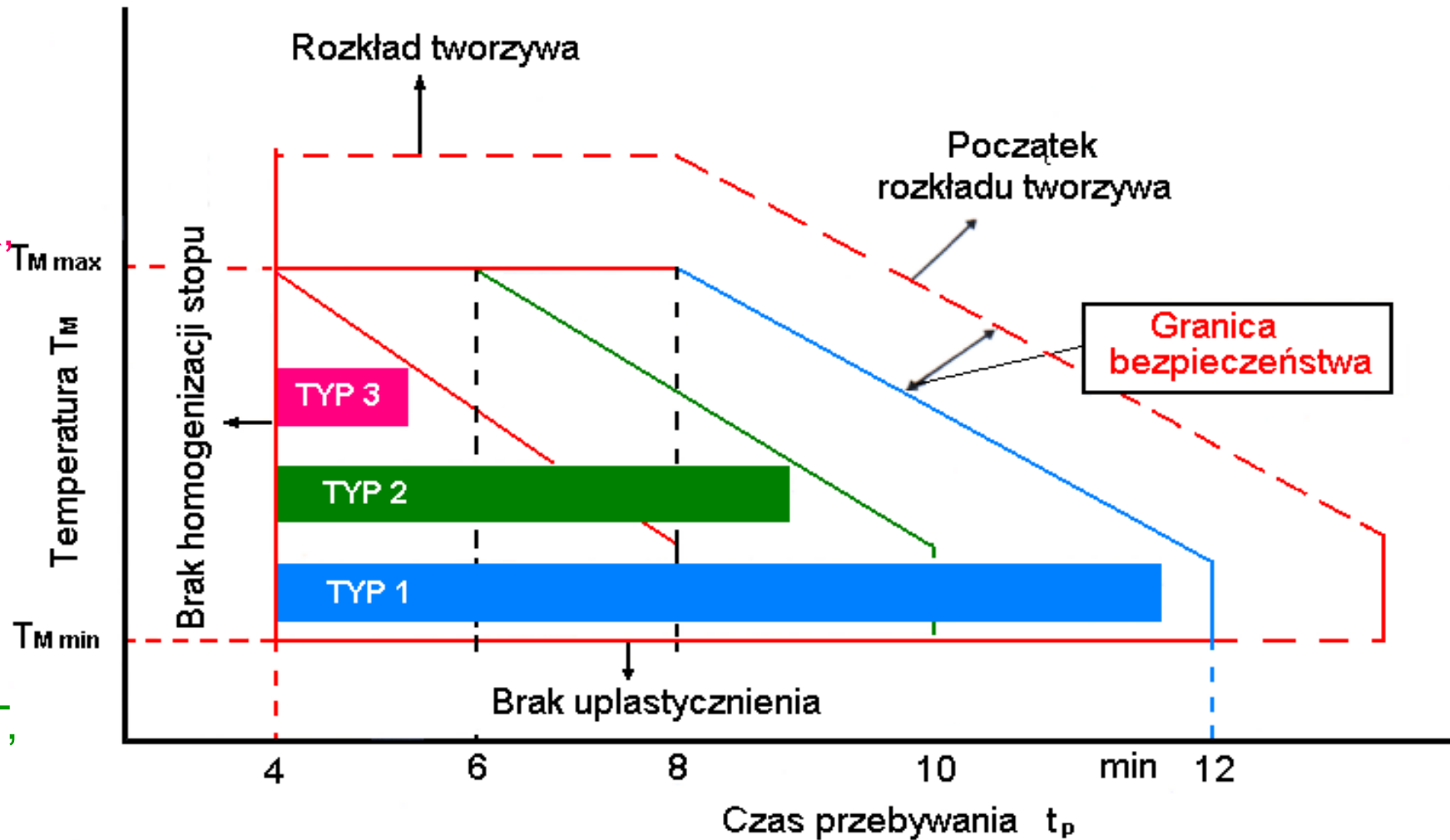
EVA, POM,  
PVC, PPA, PAR,  
PI, PAI, PEI

- **typ 2**

ABS, SAN,  
PMMA, PP,  
TPE, TPU,  
PVDF, PA10,  
PA11, PA12,  
PA46, PET, PBT,  
PPS

- **typ 1**

PE-LD, PE-HD,  
PS, SB, PA6,  
PA66, LCP, CP  
PSU, CA, CAB



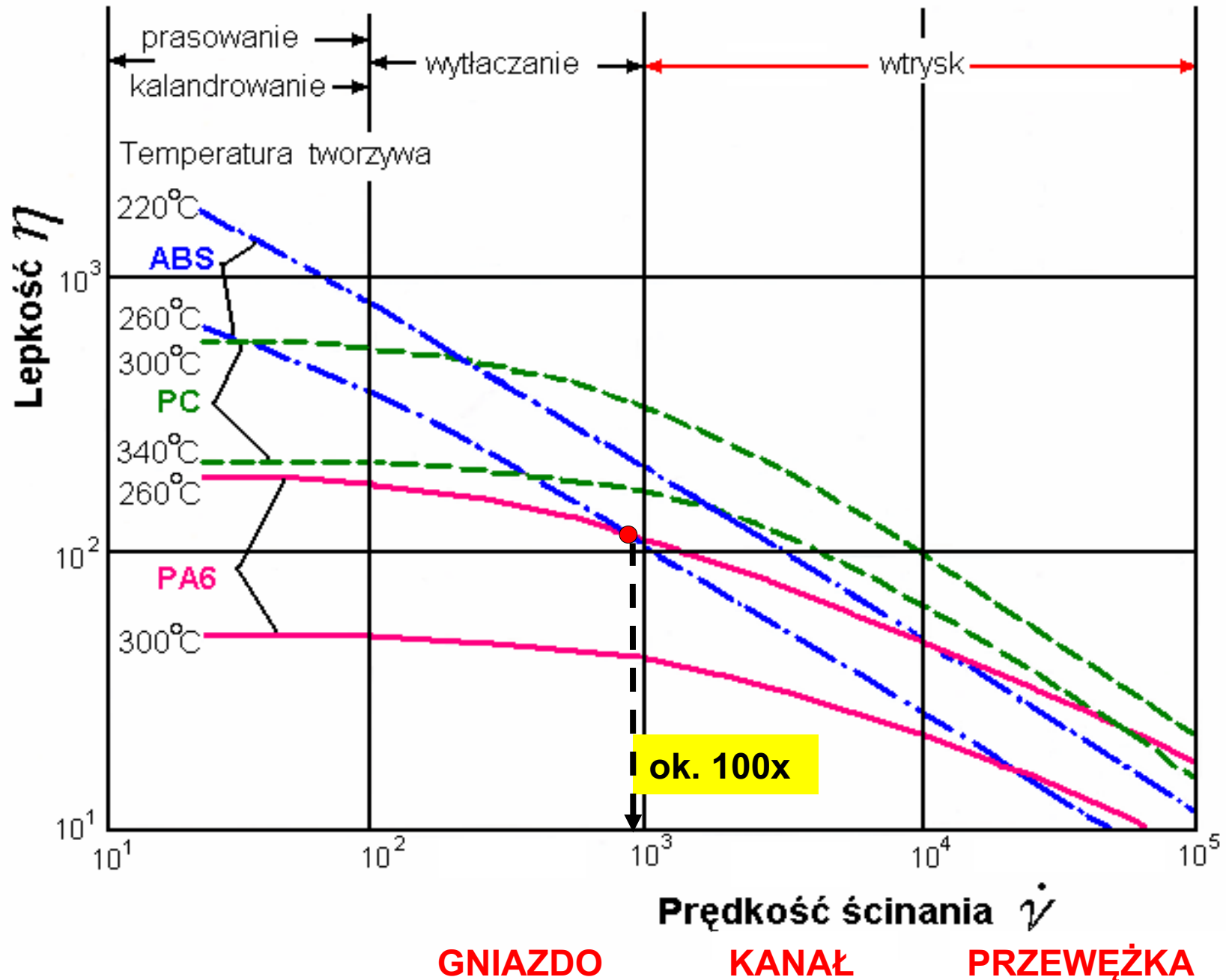
ZAKRESY DOPUSZCZALNE:  $T_{Mmax} - T_{Mmin} = \Delta T_M$

Typ 1:  $\Delta T_M = 40^\circ$  do  $50^\circ C$  ,  $t_{pmax} = 12$  min

Typ 2:  $\Delta T_M = 30^\circ$  do  $40^\circ C$  ,  $t_{pmax} = 8$  do  $12$  min

Typ 3:  $\Delta T_M =$  do  $20^\circ C$  ,  $t_{pmax} = 6$  do  $8$  min

# ZAKRES LEPKOŚCI NIEKTÓRYCH TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH ZALEŻNIE OD PRĘDKOŚCI ŚCINANIA I TEMPERATURY



Dopuszczalna prędkość ścinania (zależnie od tworzywa) wynosi:

**Gniazdo :**

100 – 5.000 s<sup>-1</sup>

**Kanał :**

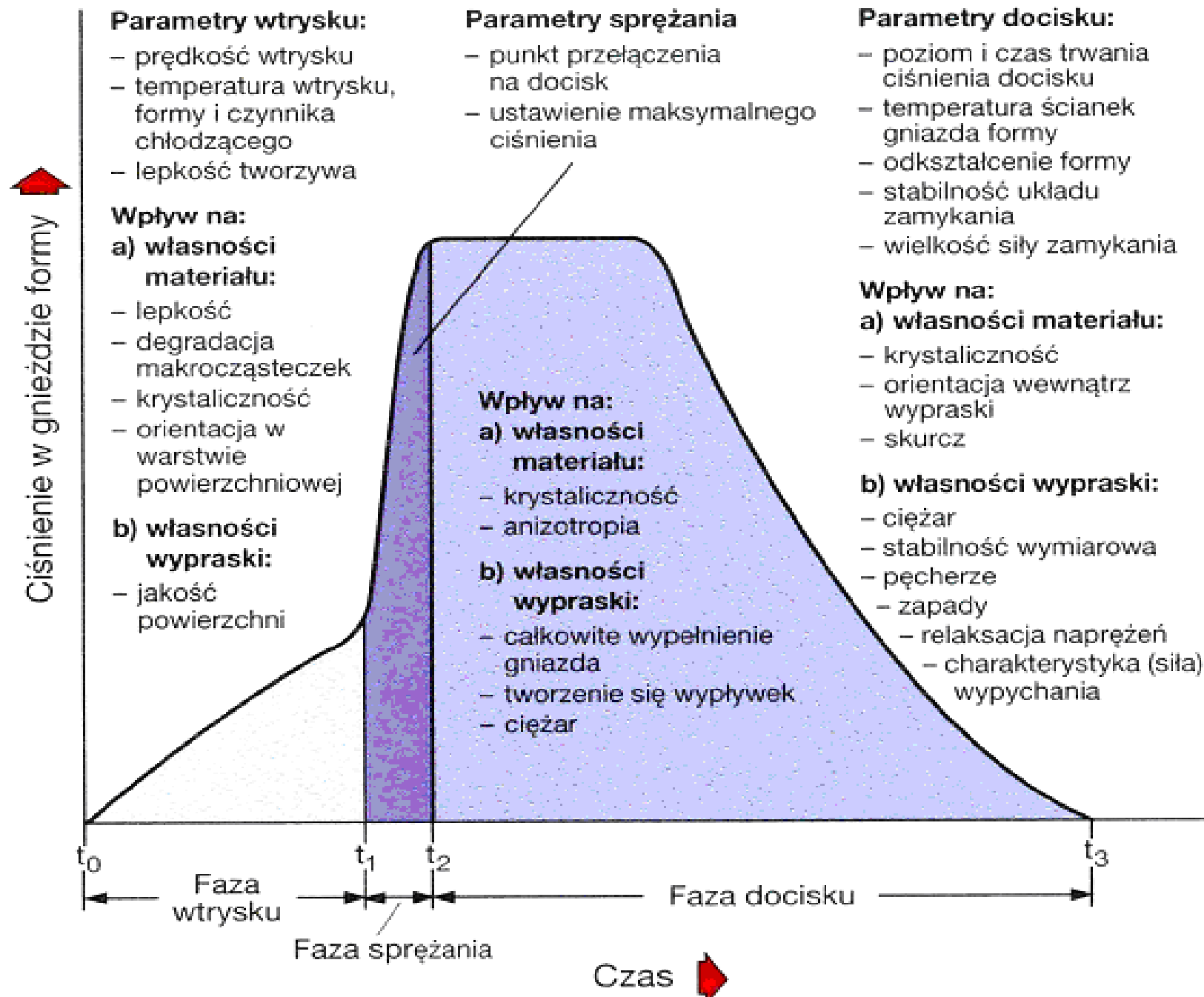
1.000 – 20.000 s<sup>-1</sup>

**Przewężka :**

10.000 – 100.000 s<sup>-1</sup>

ok. 100x

# PRZEBIEG ZMIAN CIŚNIENIA W FORMIE



**W KAŻDEJ FAZIE PROCESU ZACHODZĄ W FORMIE ZJAWISKA KSZTAŁTUJĄCE CECHY UŻYTKOWE WYROBU**



Następujące parametry, które są ważne dla optymalizacji, omówiono poniżej:

1. temperatura cylindra i stopu
2. temperatura ściany formy
3. prędkość wtrysku
4. punkt przełączania
5. czas docisku
6. wysokość ciśnienia docisku
7. czas chłodzenia
8. prędkość (obroty) ślimaka
9. przeciwciśnienie
10. dekompresja (dozowanie ślimaka)
11. parametry kontrolne

Wady powierzchniowe, mechaniczne i wymiarowe części formowanych wtryskowo	Temperatura stopu	Temperatura ściany formy	Prędkość wtrysku	Stopniow. prędk. wtrysku	Obroty ślimaka	Przełączenie wtrysku na docisk	Ciśnienie docisku	Czas docisku	Przeciwiśnienie	Siła zamykania	Odpowietrzenie	Przewężka
<b>Zmiany w wyglądzie</b>												
Smugi przypaleń	▼ 1		▼ 2		▼ 4							▲ 3
Smugi od wilgoci					▼ 2				▲ 1			
Kolorowe smugi	▲ 3		▲ 4		▼ 2				▲ 1			
Smugi włókna szklanego	▲ 3	▲ 2	▲ 1									
Zapadnięcia	▼ 4	▼ 3					▲ 1	▲ 2				▲ 5
Połysk, różnice w połysku	▲ 3	▲ 4	▲ 6				▲ 1	▲ 2				▲ 5
Granulki niestopionego materiału	▲ 3				▼ 2				▲ 1			
Linie łączenia, linie płynięcia	▲ 3	▲ 2	▲ 1			▲ 4	▲ 5					▲ 6
Wolna struga (Jetting)	▲ 2	▲ 4		▼ 1					▲ 3			▲ 5
Efekt Diesel a, przypalenia	▼ 3		▼ 1							▼ 4	▲ 2	
Widoczne ślady wypychaczy						▲ 3	▼ 1	▼ 2				
Efekt płyty gramofonowej	▲ 2	▲ 3	▲ 1				▲ 5		▲ 4			▲ 6
Ciemne punkty	▼ 1											
Matowe miejsca wokół punktu wtrysku	▲ 2	▲ 4		▼ 1					▲ 3			▲ 5
Złuszczenie warstwy wierzchniej	▲ 4	▲ 3		▼ 1	▼ 2							
Zimne korki, zimne linie płynięcia	▲ 1	▲ 2		▼ 4								▲ 3
Szaro-czarne plamy	▼ 2				▼ 3				▲ 1			
<b>Odchylenia wymiarowe</b>												
Wypraski nie są całkowicie wypełnione	▲ 4	▲ 5	▲ 1				▲ 3	▲ 2			▲ 7	▲ 6
Przetryśnięte wypraski (widoczny grat)	▼ 4	▼ 5		▲ 2		▼ 3	▼ 4			▲ 1		
Deformacje przy usuwania z formy						▲ 3	▼ 1	▼ 2				
Wypaczenia wypraski	▲ 4	▲ 3				▲ 2	▼ 1		▲ 5			
Zmiany wymiarowe wyprasek							▲ 1	▲ 2	▲ 3			▲ 4
<b>Niewystarczające właściwości mechaniczne</b>												
Pęknięcia naprężeniowe na wypraskach, białe przełomy	▲ 4					▲ 3	▼ 1	▼ 2				
Zamknięte powietrze, pęcherze	▼ 1				▼ 2							
Pustki, puste przestrzenie wewnątrz wypraski	▼ 4	▲ 3	▼ 6				▲ 1	▲ 2				▲ 5
Degradacja termiczna stopu	▼ 1		▼ 2									▲ 3
Granulki niestopionego materiału	▲ 3				▼ 2				▲ 1			

# Optymalizacja temperatury cylindra i stopu

Wstępnie ustawione temperatury cylindra wraz z tarciem indukowanym przez obroty ślimaka oraz ciśnienie uplastyczniania zapewniają ilość ciepła wystarczającą do stopienia tworzywa

## **Zbyt wysoka temperatura topienia:**

- Degradacja (uszkodzenie) termiczne,
- Różnice w kolorze/zmiana koloru/zwiększony skurcz/zmiany wymiarów,
- Przedłużony czas chłodzenia,
- Gorsze właściwości mechaniczne.

## Zbyt niska temperatura stopu:

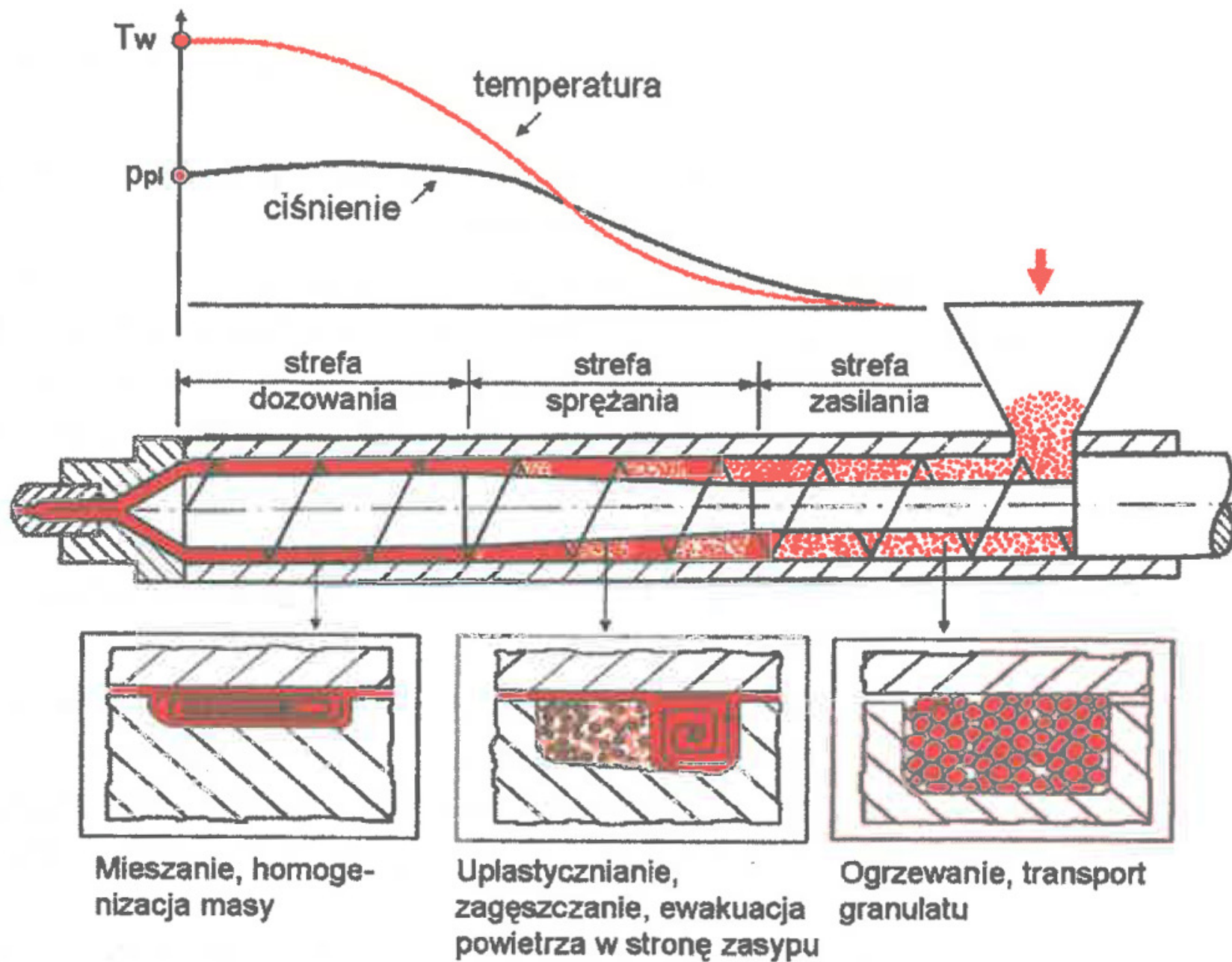
- Niejednorodny stop,
- Zwiększone naprężenia w wyprasce,
- Wyższe wymagane ciśnienie podczas wtrysku,
- Wyraźnie widoczne linie płynięcia i łączenia.

Zazwyczaj temperatury cylindrów są ustawiane z rosnącym profilem (wyjątek: PA). Dwie pierwsze strefy grzewcze powinny być ustawione na dolną granicę przy minimalnym wykorzystaniu skoku ślimaka oraz na górnej granicy dla znacznego wykorzystania skoku.

# Przykładowe nastawy temperatur cylindra dla PMMA

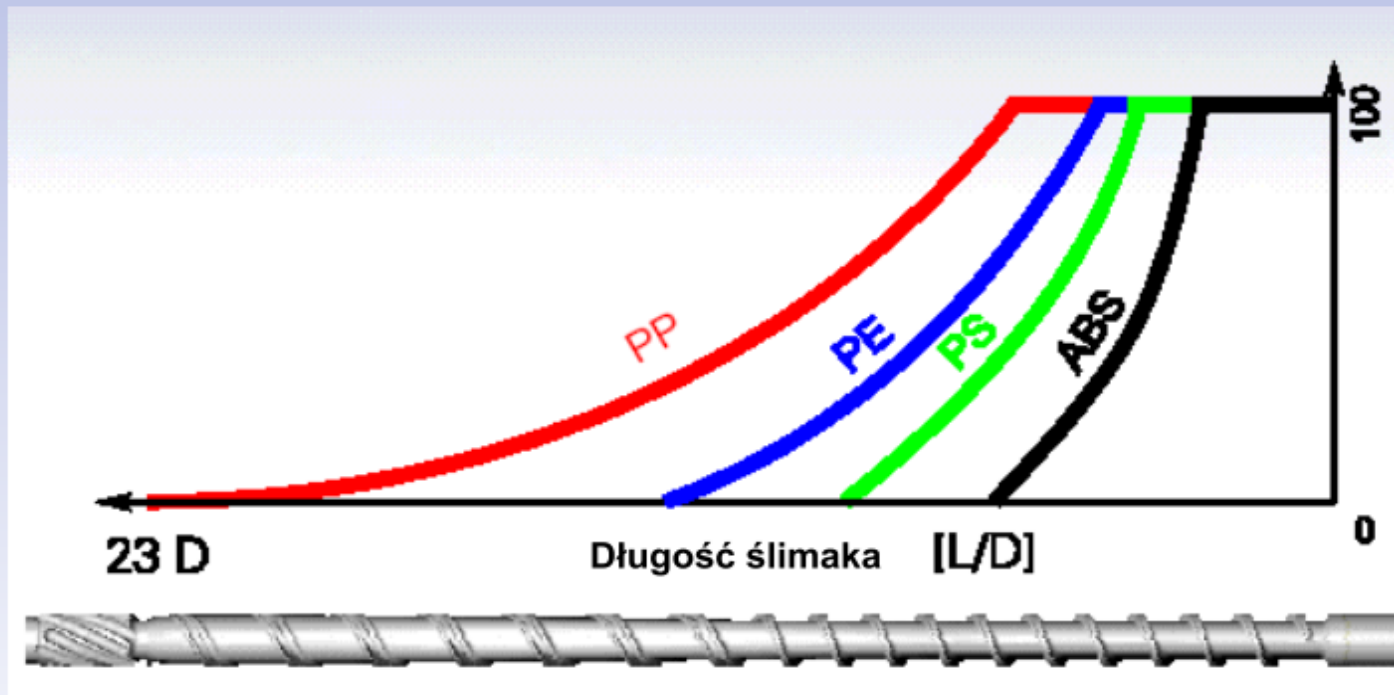
- Zasyp  $60 \div 80^{\circ}\text{C}$  /  $70^{\circ}\text{C}$  \*
- MH1  $150 \div 200^{\circ}\text{C}$  /  $190^{\circ}\text{C}$  \*
- MH2  $180 \div 220^{\circ}\text{C}$  /  $210^{\circ}\text{C}$  \*
- MH3  $200 \div 250^{\circ}\text{C}$  /  $230^{\circ}\text{C}$  \*
- MH4  $200 \div 250^{\circ}\text{C}$  /  $230^{\circ}\text{C}$  \*
- DH  $200 \div 250^{\circ}\text{C}$  /  $230^{\circ}\text{C}$  \*

**\* Te profile temperatury są ważne do użycia przy obciążeniu skoku w zakresie od 35 do 65%, dla wyprasek o zależności długości drogi płynięcia/grubości ścianki między 50:1 i 100:1.**



Rys. 6.2. Przebieg zmian stanu tworzywa w kolejnych strefach standardowego ślimaka

## Przebieg roztopiania różnych tworzyw sztucznych



Szerokość warstwy fazy stałej [%]



Regulator temperat.

STEMPEL

2

Obwód 1

Obwód 2

Złącze

TTY: 1

TTY: 2

Powin. [°C]

40.0

20.0

Tol +/- [°C]

5.0

1.0

Jest [°C]

40.0

0.0

Tryb Powin.

Regulacja

Wyłączenie

Tryb Jest

Regulacja

Zał. Grzanie [%]

0

0

Zał. Chłodzenia [%]

7

0

Meldunek status

Regulacja aktywna Komunikacja OK

Stan błędu

RT ok

Przepływ [l/min]

Powin.	Tol +/-	Jest
7.5	2.0	7.5

Powin.	Tol +/-	Jest
0.0	0.0	0.0

Tryb pracy HB-THERM

Tryb pracy Pomiar wyt.

Regulator temperat.

Ciśnienie dotłacz.	18.190 s	0.00 mm	6.62 ccm
	1.730 s		72900223





Zasadniczo:

**Wyższa temperatura ścianki formy zapewnia:**

- mniejszy skurcz wtórny
- mniejsze orientacje, napręż. wewnętrzne i wypaczenia
- mniejsze ciśnienie wypełniania
- większą krystaliczność

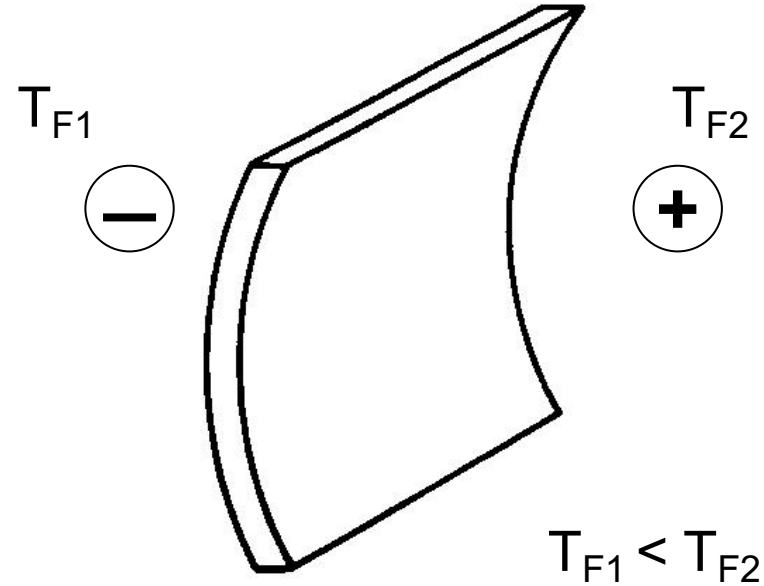
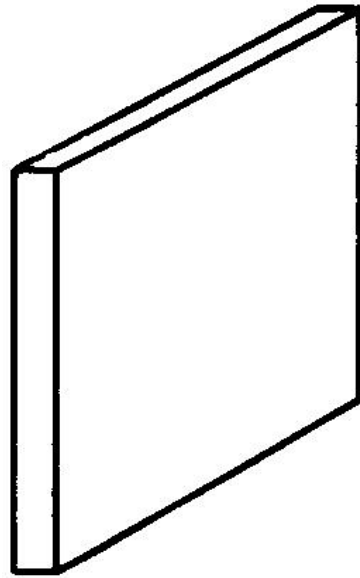
**Zbyt wysoka temperatura formy:**

- dłuższy czas chłodzenia (2 %/1 °C)
- za małe wymiary

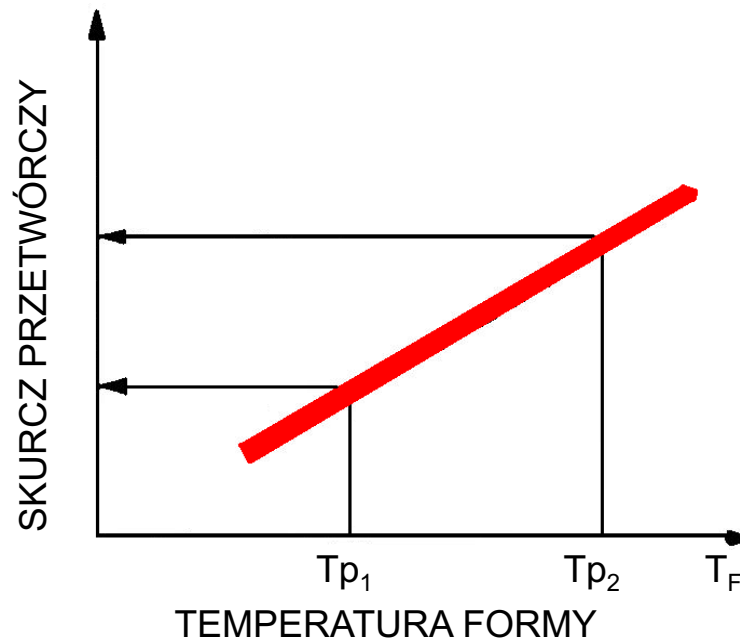
**Zbyt niska temperatura formy:**

- matowa powierzchnia
- efekt płyty gramofonowej
- widoczne linie płynięcia i łączenia
- zwiększone naprężenia w wyprasce

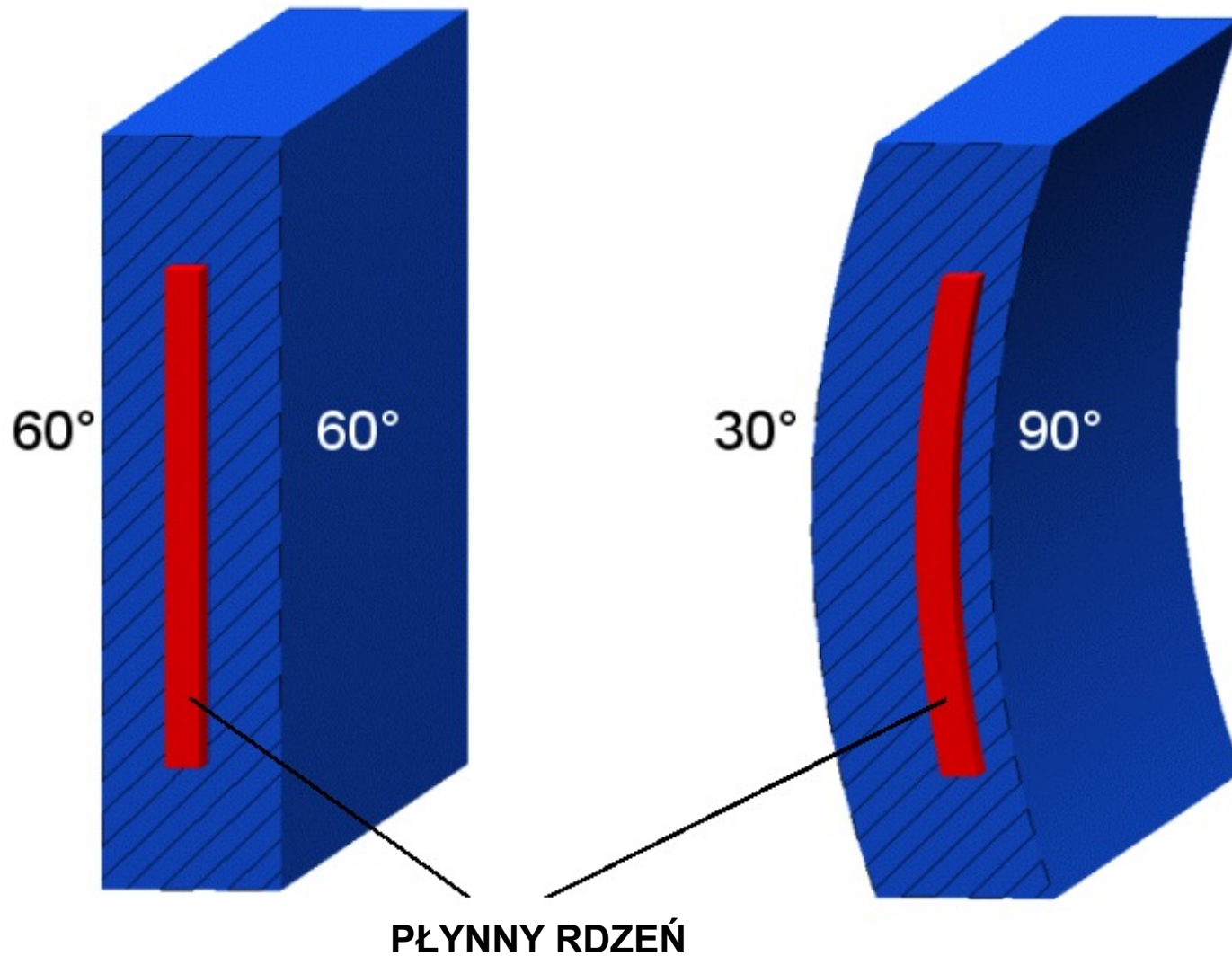
# WARUNEK RÓWNOMIERNOŚCI ODBIORU CIEPŁA Z POWIERZCHNI PŁASKICH



WYPACZENIE  
SPOWODOWANE  
NIESYMETRYCZNYM  
ODBIOREM CIEPŁA ZE  
ŚCIANKI PŁASKIEJ  
WYPRASKI



# ODKSZTAŁCENIE PRZY ZRÓŻNICOWANYCH TEMPERATURACH W KAŻDEJ Z POŁÓWEK FORMY



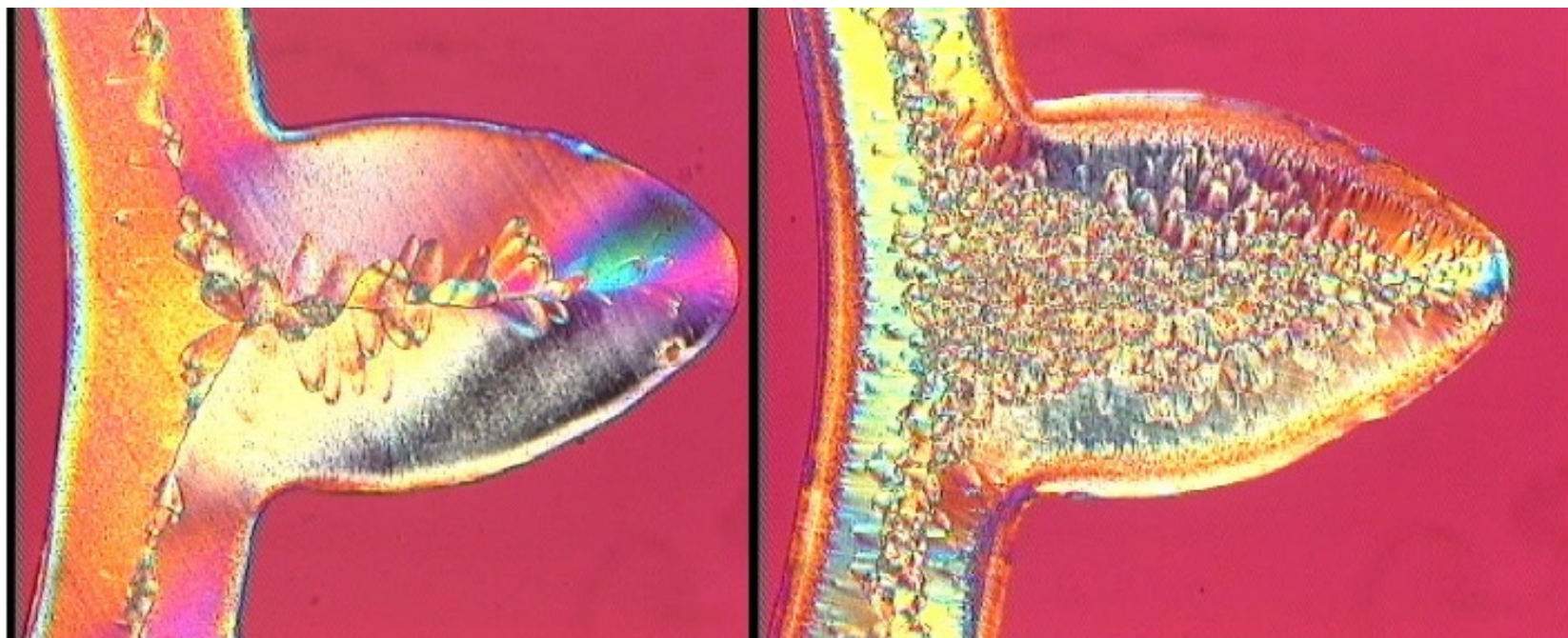
Wypraski techniczne:

-Małe formy  $1 \div 2^{\circ}\text{C}$

-Duże formy  $4 \div 5^{\circ}\text{C}$

- Wpływ temperatury formy na powstanie struktury krystalicznej

Podobne zjawisko występuje przy „przechartowaniu” metalu.

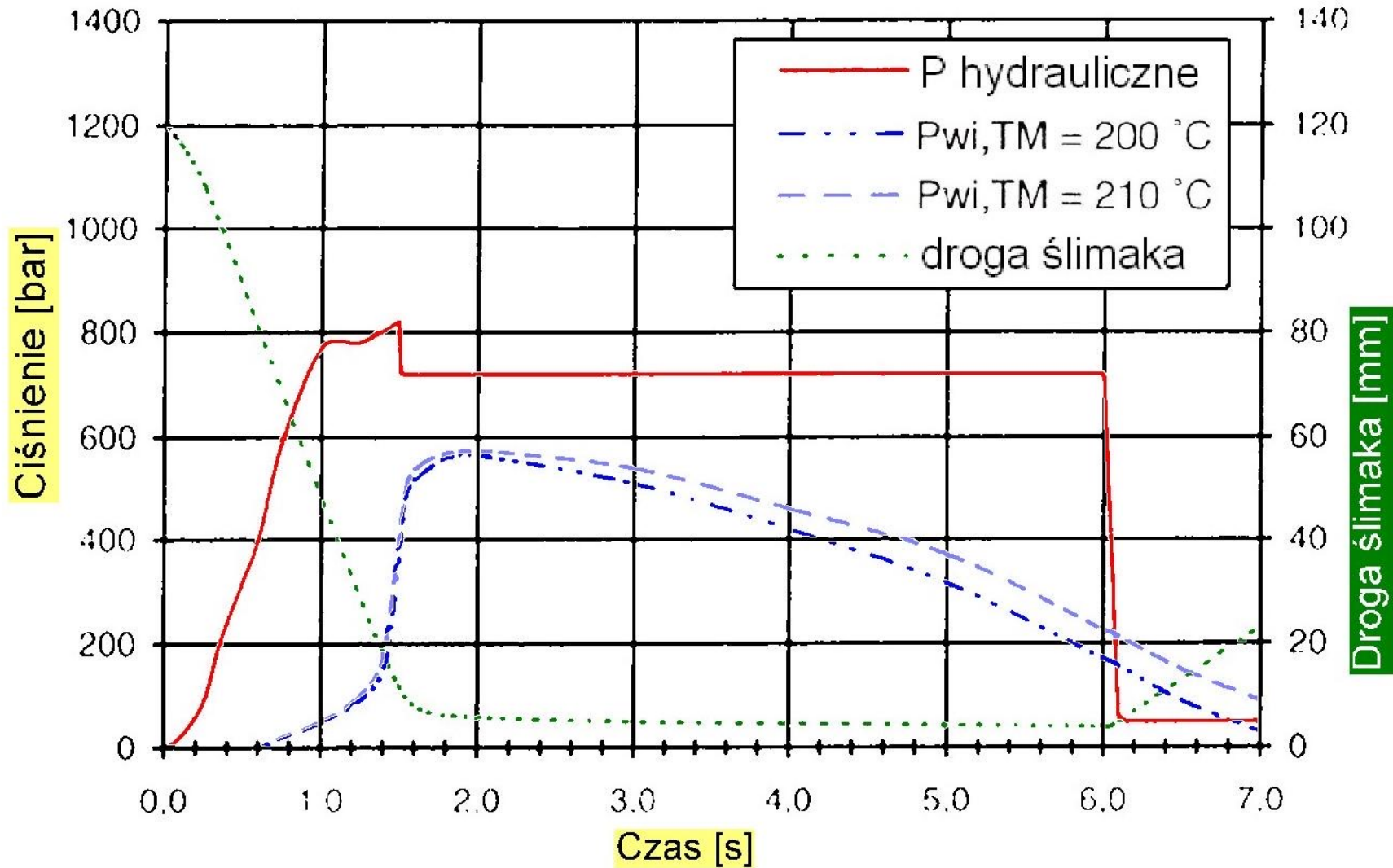


Temperatura formy 40°C

Temperatura formy 95°C

# CIŚNIENIE WEWNĄTRZ FORMY W ZALEŻNOŚCI OD TEMPERATURY FORMY

Temperatura ścianki formy: 100°C



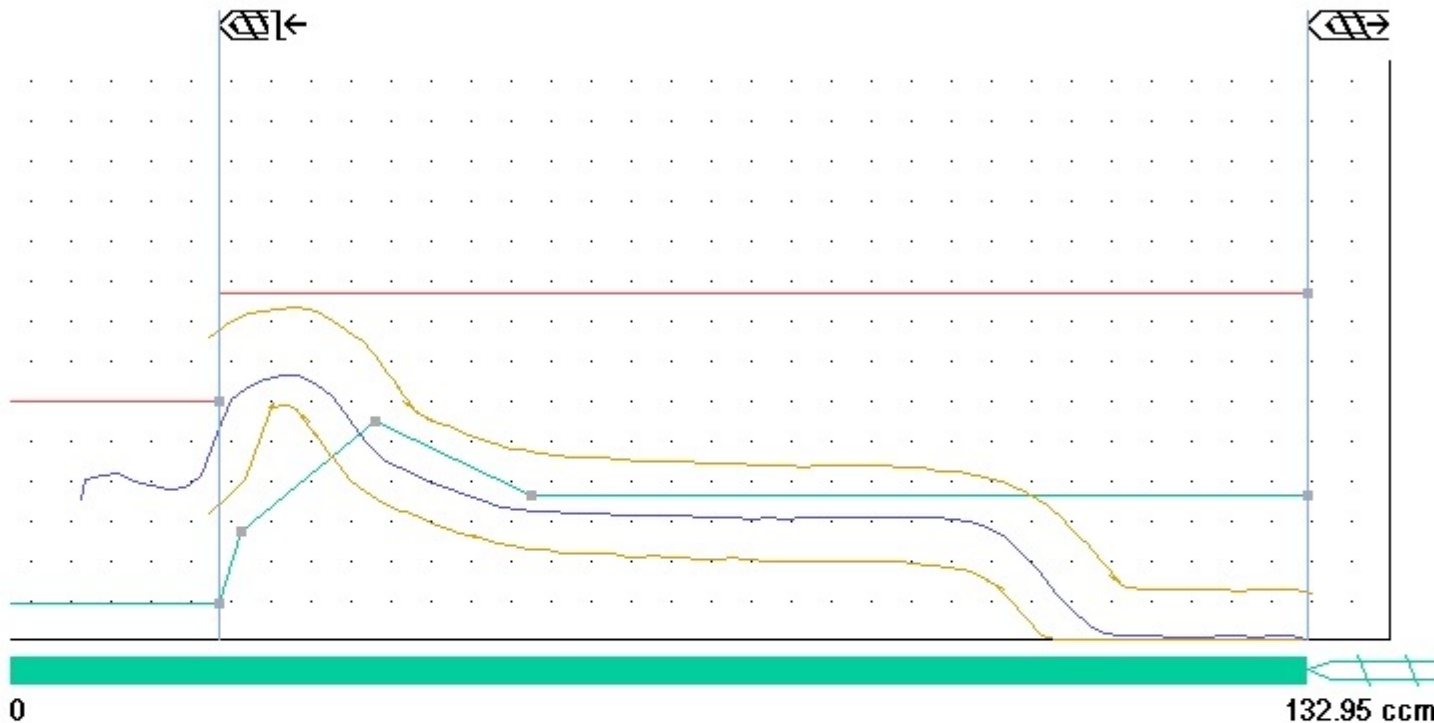
**Kontrola**  
Krzywa tol.ciśnienia

Zapisz

Granice tolerancji

+ 200.0 - 200.0 [bar\_spec]

Czas wtrysku  
1.300 s  
Ciśnienie wtrysku  
0.0 bar\_spec  
Pozycja  
124.86 ccm  
Poduszka  
6.62 ccm



Ciśnienie [bar_spec]	1000.0								1450.0
Prędkość [ccm/s]	20.0	0.0	20.0	60.0	120.0	80.0	80.0		
Pozycja [ccm]	20.00	3.84	20.00	22.00	35.00	50.00	125.00		



Przesunięcie profilu

Wyrzutnik w tył 18.010 s 339.99 mm 124.86 ccm  
72900223



### **Zbyt duża prędkość wtrysku:**

- tworzenie gratu
- wady powierzchni w pobliżu wlewu
- przypalenia na końcu drogi płynięcia (efekt Diesla)
- wymagana większa siła zamykania

### **Zbyt mała prędkość wtrysku:**

- efekt płyty gramofonowej
- brak pełnego wypełnienia wypraski
- deformacje
- widoczne linie łączenia

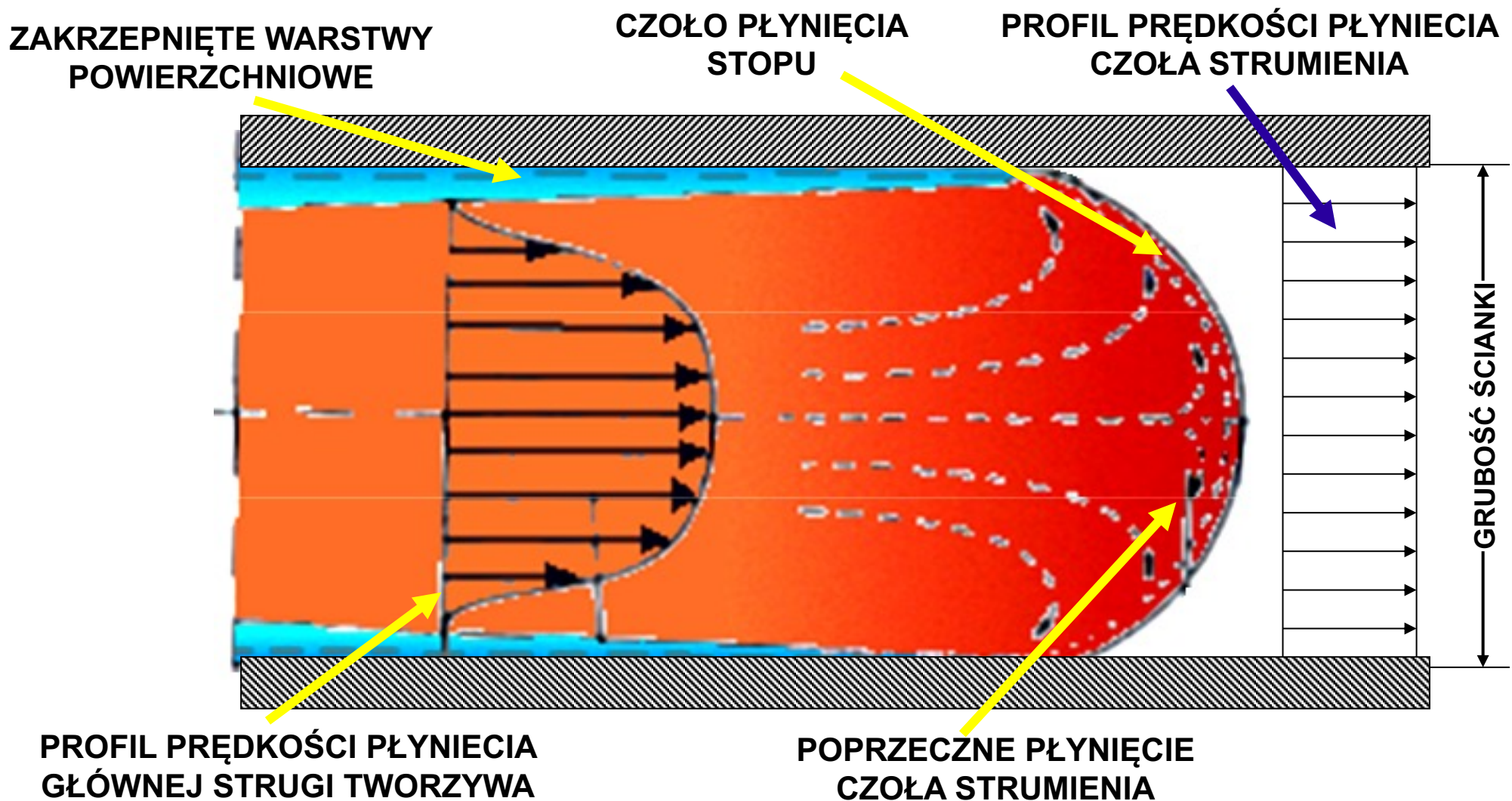
# PRZEPŁYW TWORZYWA W FORMIE

## 1.1 CHARAKTER PRZEPŁYWU

- **PRĘDKOŚĆ PŁYNIĘCIA STOPU NALEŻY DOBRAĆ TAK, ABY W FORMIE WYSTĘPOWAŁ WYŁĄCZNIE PRZEPŁYW LAMINARNY (SPOKOJNY)**
- **PRZEPŁYW TURBULENTNY (BURZLIWY) ZAWSZE POWODUJE WADY WYPRASEK**
- **CHARAKTER PRZEPŁYWU STOPIONEGO TWORZYWA JEST ZUPEŁNIE ODMIENNY OD PRZEPŁYWÓW INNYCH CIECZY, WYSTĘPUJE EFEKT FONTANOWY PŁYNIĘCIA.**



# PROFIL PRĘDKOŚCI PŁYNIĘCIA CZOŁA STRUGI TWORZYWA W PRZEKROJU KANAŁU FORMY



**TWORZENIE WARSTWY POWIERZCHNIOWEJ W WYNIKU tzw. EFEKTU FONTANOWEGO PŁYNIĘCIA STOPU.**

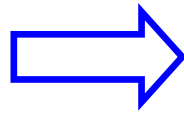
## **ZAKRZEPNIĘTA WARSTWA POWIERZCHNIOWA :**

- **ZABEZPIECZA RDZEŃ PRZED ZBYT WCZESNYM ZAKRZEPNIĘCIEM W FAZIE DOCISKU.**
- **UŁATWIA POŚLIZG PŁYNAĆCEGO RDZENIA.**

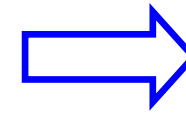
***NADERWANIA I PRZESUNIĘCIA ZASTYGNIEJ WARSTWY  
POWODUJĄ CZĘSTO SPOTYKANE WADY POWIERZCHNIOWE  
WYPRASEK (zamarszczenia przy przewężce, efekt płyty  
gramofonowej)***

# WPŁYW GRUBOŚCI WARSTWY BRZEGOWEJ NA PRĘDKOŚĆ PRZEPEŁYWU

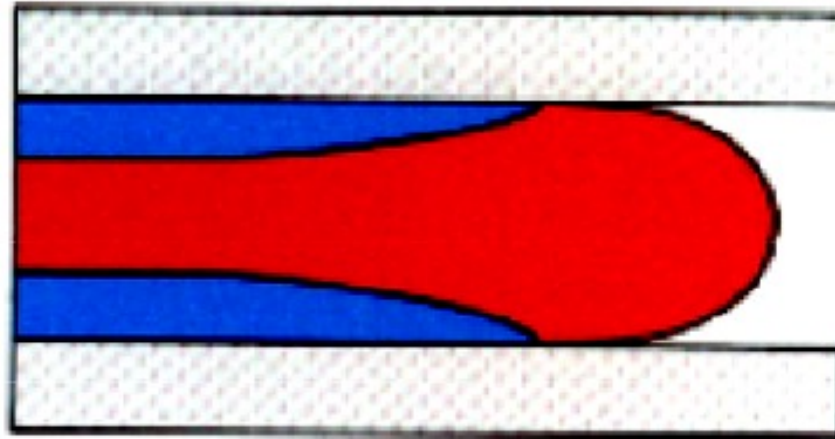
*WOLNE  
WYPEŁNIANIE*



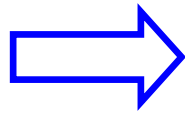
**GRUBA WARSTWA  
POWIERZCHNIOWA**



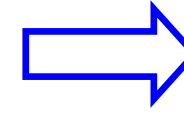
*PRZEPEŁYW  
UTRUDNIONY*



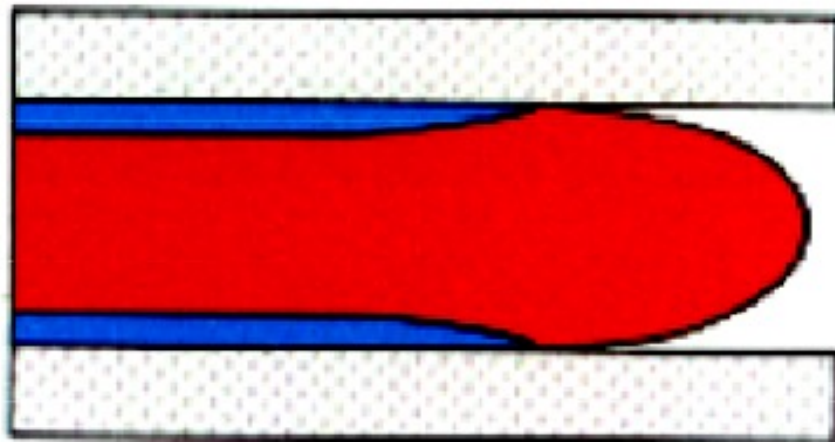
*SZYBKIE  
WYPEŁNIANIE*



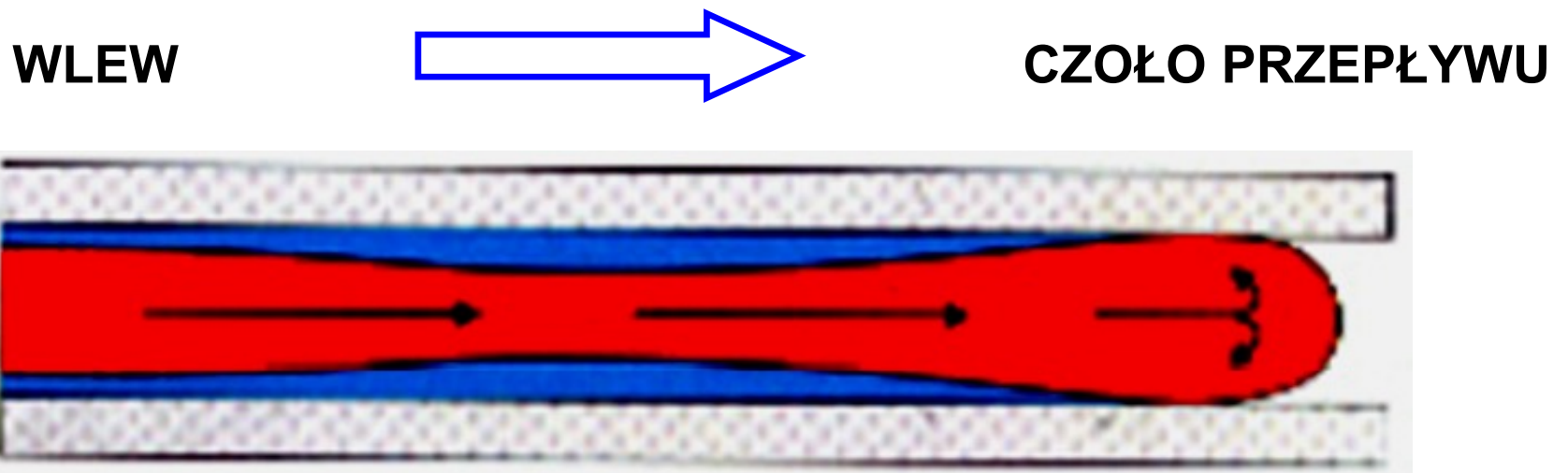
**CIENKA WARSTWA  
POWIERZCHNIOWA**



*PRZEPEŁYW  
SWOBODNY*



# ZWĘŻENIE WARSTWY POWIERZCHNIOWEJ W „PRZECHŁODZONYM” LUB ZA DŁUGIM KANAŁE WLEWOWYM





Prędkość [ccm/s]	25.0		330 mm/s		35.0
Pozycja [ccm]	43.00		100.00	100.00	125.00 124.91
Ciśnienie [bar_spec]			80.0	84.1	
Czas [s]		0.000		8.504	

Czas cyklu	Pozycja	Czas dozowania	Obroty ślim.	Czas wtrysku	Ciśn.wtrysku
17.980s	14.16 ccm	8.504s	0 mm/s	1.300s	641.6 bar_spec



Prędkość [ccm/s]			20.0		80.0
Pozycja [ccm]		6.46		20.00 19.99	
Ciśnienie [bar_spec]			1000.0 637.3	0.0 886.0	1450.0 1122.0
Czas [s]	9.500		0.100 0.302	0.000 1.300	

Zezwolenia kontroli ciśnienia  0.300s

Suchy cykl

Ciśnienie dotłacz.	17.980 s	0.00 mm	14.16 ccm
0.282 s	72900223		

## **Zbyt wczesne przełączanie:**

- ślad przełączania(zatrzymanie czoła stopu)
- niepełne wypełnienie gniazda
- zapadnięcia
- za małe wymiary
- linie łączenia

## **Zbyt późne przełączanie:**

- powstawanie gratu
- zwiększona siła zamykania
- za duże wymiary
- problemy z usuwaniem wypraski
- większą naprężenia w wyprasce

# Punkt przełączania powinien być określany po zoptymalizowaniu:

- temperatury formy,
- temperatury stopu,
- prędkości wtryskiwania,
- ciśnienia uplastyczniania.



Akt. ciśn. przełącz.

890.0 bar\_spec

Dotłaczanie JW

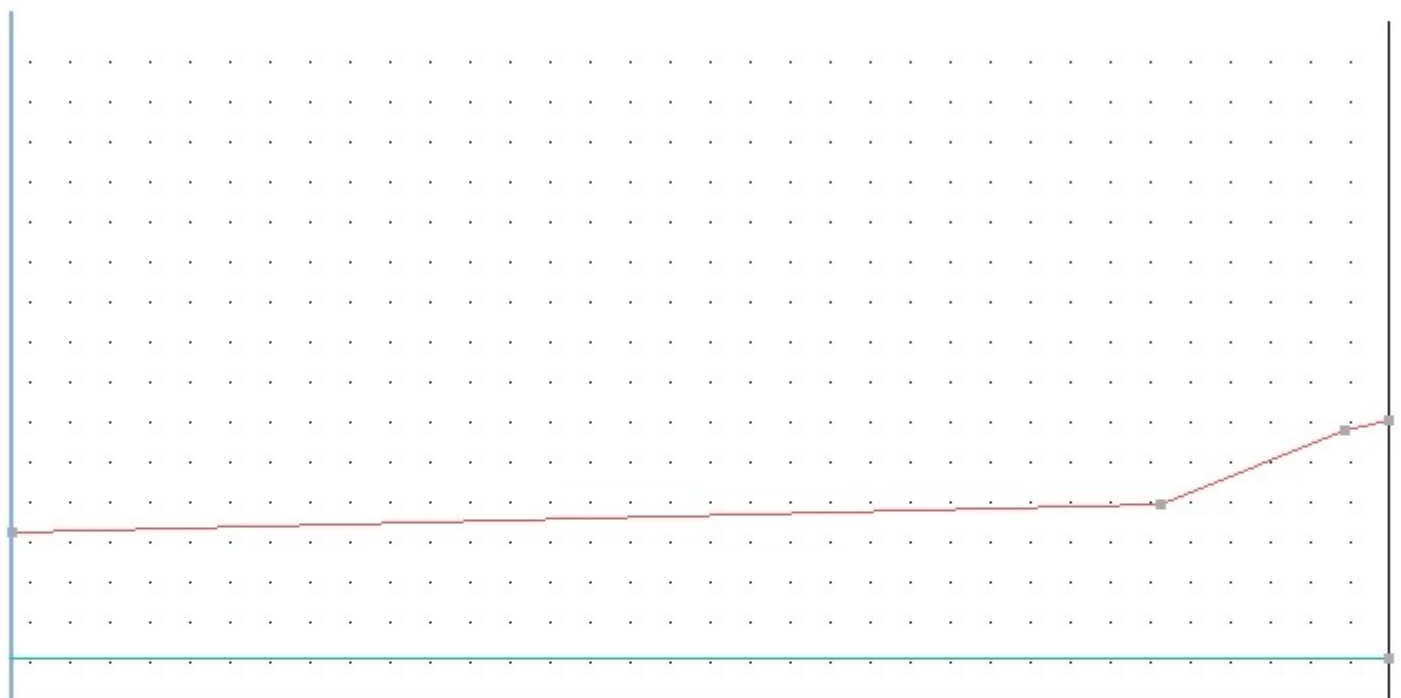
601.3 bar\_spec

Pozycja

33.51 ccm

Poduszka

6.46 ccm



3.001 s

0

Prędkość [ccm/s]

20.0

Ciśnienie [bar\_spec]

450.0 600.0 700.0 970.0 1000.0

Czas [s]

1.000 2.500 0.400 0.100



Dozowanie

18.130 s

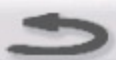


0.00 mm



33.51 ccm

72900223



Optimalizacja procesu

Profil wtrysku

Profil dotłaczania

Profil dozowania

Jednostka wtryskowa

MWE grafika

Dynamika JW

Opcje wtrysku 1





## **Ad. 6 Wysokość ciśnienia docisku**

Docisk to ciśnienie, które jest aktywne w czasie docisku i ma za cel nie dopuścić do powstawania zapadów. Docisk wynosi zwykle od 30 do 60% wymaganego ciśnienia wtrysku.

### **Ciśnienie docisku za duże:**

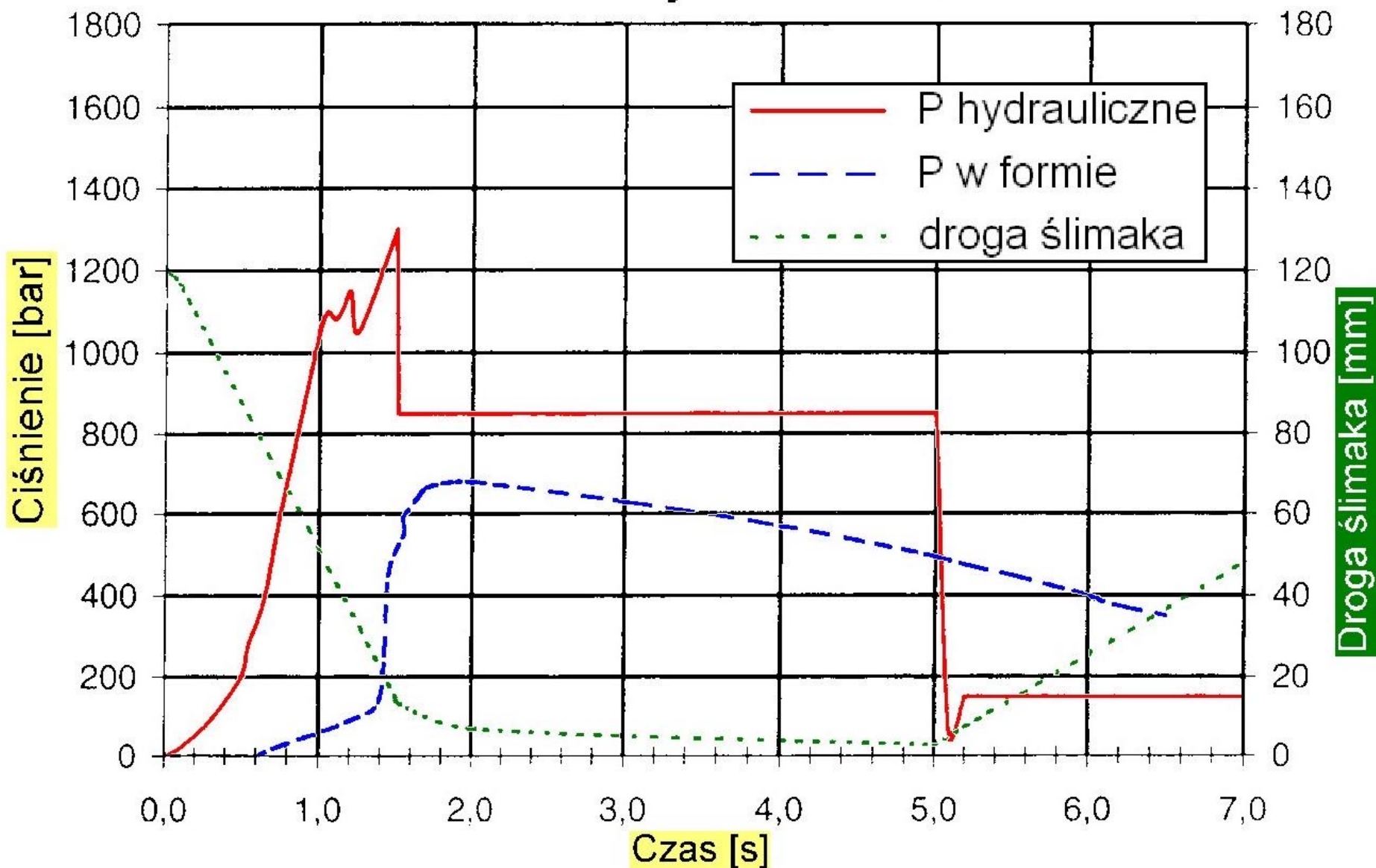
- powstawanie gratu
- zwiększona siła zamykania
- większe naprężenia w wyprasce
- za duże wymiary wyprasek
- problemy z usuwaniem wyprasek
- ślady po wypychaczach

### **Ciśnienie docisku za małe:**

- zapady, jamy
- za małe wymiary
- większy skurcz objętościowy
- większe wahania masy wyprasek

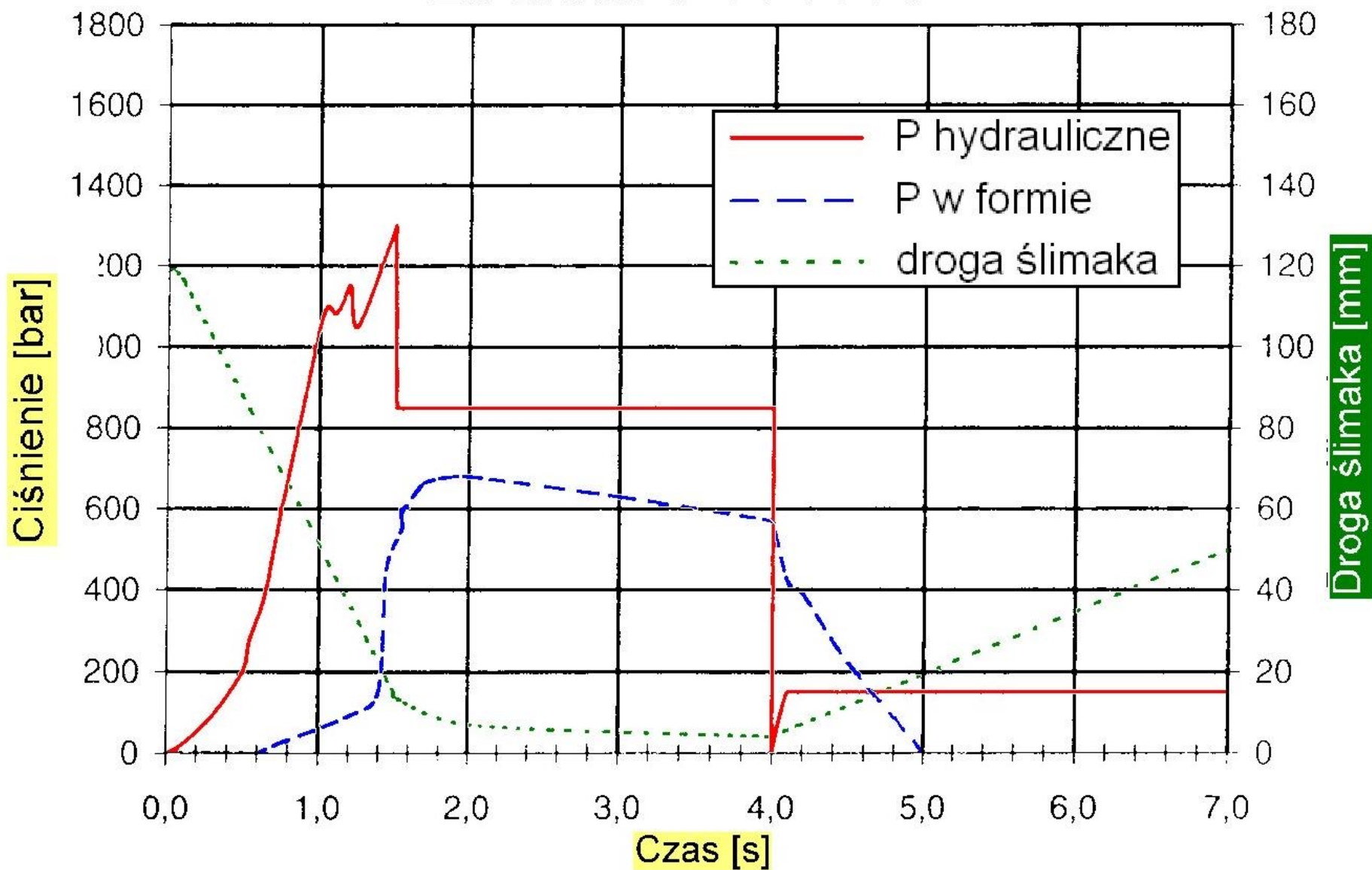
# OKREŚLENIE CZASU DOCISKU NA PODSTAWIE PRZEBIEGU CIŚNIENIA WEWNĄTRZ FORMY

## Właściwy czas docisku



# OKREŚLENIE CZASU DOCISKU NA PODSTAWIE PRZEBIEGU CIŚNIENIA WEWNĄTRZ FORMY

Za krótki czas docisku

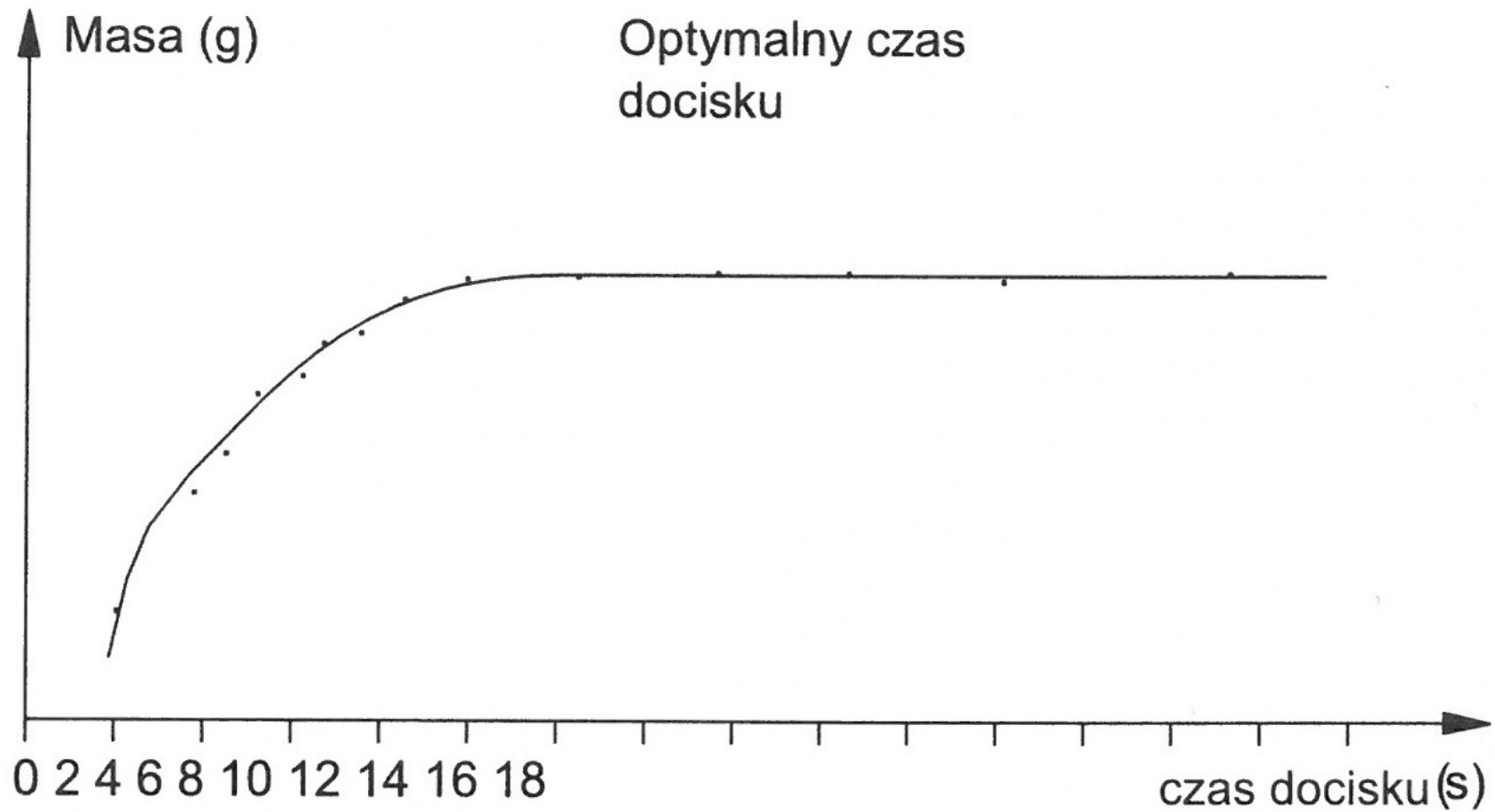


### **Zbyt długi czas docisku:**

- zwiększone naprężenia w wyprasce
- zwiększone zużycie energii

### **Zbyt krótki czas docisku:**

- zapadnięcia, jamy
- zmiany masy wypraski
- za małe wymiary
- zmiany poduszki resztkowej



*Określenie optymalnego czasu docisku przez kontrolę wagi.*

## **Ad. 7 Czas chłodzenia**

Czas chłodzenia jest końcowym okresem formowania w gnieździe, dopóki nie zostanie osiągnięta wystarczająca stabilność wymiarowa, aby umożliwić wyjęcie z formy. Kryteriami są tutaj wymiary i wypaczenia wyprasek.

### **Czas chłodzenia za długi:**

- wydłużony czas cyklu

### **Czas cyklu za krótki:**

- deformacje
- ślady po wypychaczach
- większy skurcz wtórny

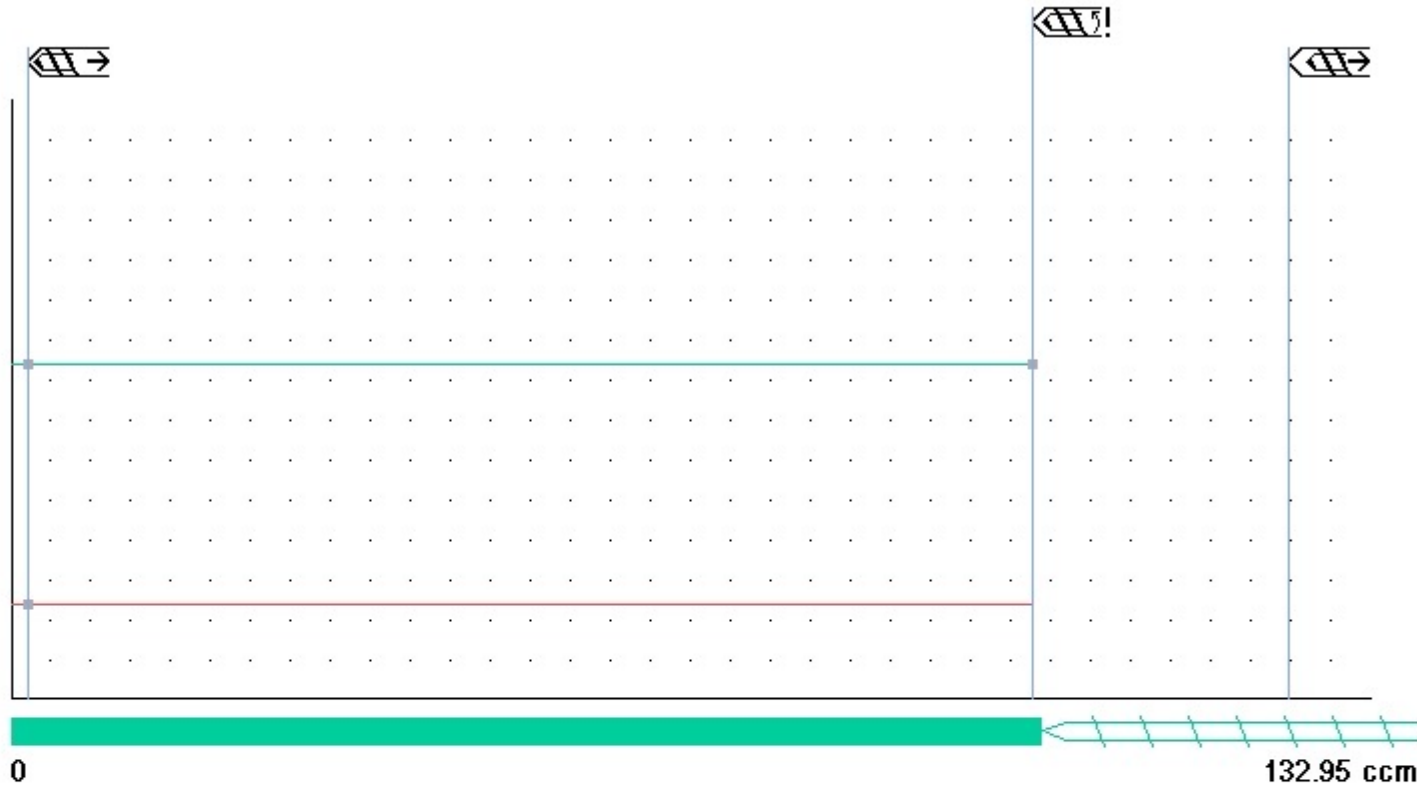


**Ciśnienie zwrotne**  
84.1 bar\_spec

**Obroty ślim.**  
-2 mm/s

**Pozycja**  
100.30 ccm

**Poduszka**  
6.46 ccm



Ciśn.zwrotne	[bar_spec]	80.0
Obroty ślim.	[mm/s]	330 330 55
Pozycja	[ccm]	43.00 100.00 3.93 100.00 125.00
Prędkość	[ccm/s]	25.0 35.0



Przesunięcie profilu      Profil ciśnienie zwrotne

Ślim.do tyłu 18.130 s 0.00 mm 100.30 ccm  
72900223



## **Ad. 8 Prędkość (obroty) ślimaka**

Obroty ślimaka służą do uplastyczniania, tj. odpowiadają za termiczne, mechaniczne i jednorodne przygotowanie surowca.

Górną granicą ustawiania obrotów ślimaka jest maksymalna dopuszczalna prędkość obwodowa ślimaka dla danego materiału. Wynikowy czas dozowania powinien być o około 10-20% krótszy niż czas chłodzenia, aby uplastyczniać tak delikatnie, jak to możliwe.

### **Obroty ślimaka za niskie:**

- zakłócenia czasu cyklu (jeśli  $t_{\text{upl.}} > T_{\text{chłodz}}$ )

### **Obroty ślimaka za wysokie:**

- termiczna i mechaniczna degradacja materiału
- większe różnice temperatury w stopie
- większe zużycie ślimaka i zaworu zwrotnego



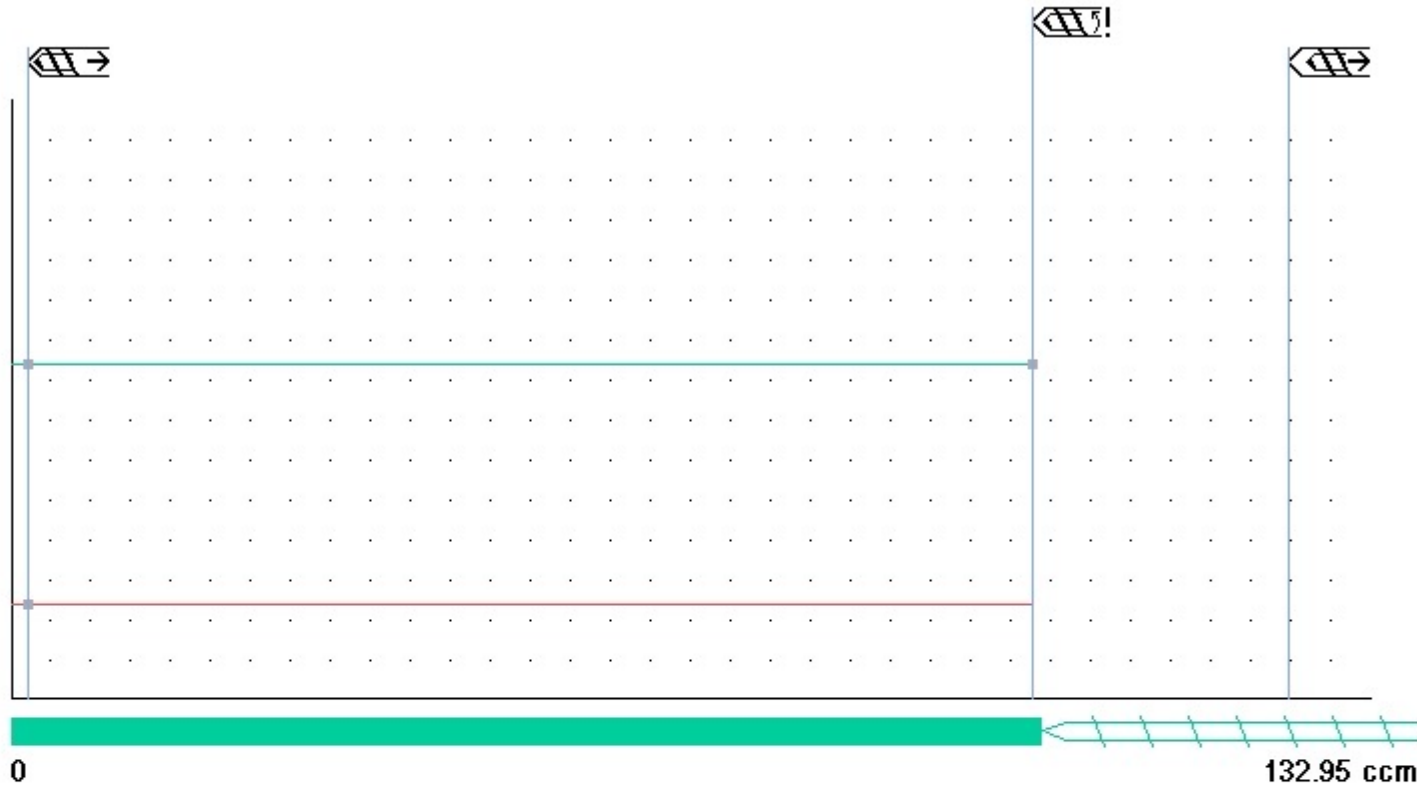


**Ciśnienie zwrotne**  
84.1 bar\_spec

**Obroty ślim.**  
-2 mm/s

**Pozycja**  
100.30 ccm

**Poduszka**  
6.46 ccm



Ciśn.zwrotne	[bar_spec]	80.0
Obroty ślim.	[mm/s]	330 330 55
Pozycja	[ccm]	43.00 100.00 3.93 100.00 125.00
Prędkość	[ccm/s]	25.0 35.0



Przesunięcie profilu      Profil ciśnienie zwrotne

Ślim.do tyłu 18.130 s 0.00 mm 100.30 ccm  
72900223



## **Ad. 9 Przeciwiśnienie**

Przeciwiśnienie to ciśnienie stopu przed czołem ślimaka, które ślimak musi pokonać podczas uplastyczniania.

### **Przeciwiśnienie za duże:**

- degradacja materiału z powodu nadmiernego tarcia niska
- wydajność uplastyczniania, długi czas dozowania

### **Przeciwiśnienie za małe:**

- niejednorodność stopu (mechaniczna, termiczna)
- niestopione granulki materiału
- smugi powietrza



Prędkość [ccm/s]	25.0		330 mm/s		35.0
Pozycja [ccm]	43.00		100.00	100.00	125.00 124.91
Ciśnienie [bar_spec]			80.0	84.1	
Czas [s]		0.000		8.504	

Czas cyklu	Pozycja	Czas dozowania	Obroty ślim.	Czas wtrysku	Ciśn.wtrysku
17.980s	14.16 ccm	8.504s	0 mm/s	1.300s	641.6 bar_spec



Prędkość [ccm/s]			20.0		80.0
Pozycja [ccm]		6.46		20.00 19.99	
Ciśnienie [bar_spec]			1000.0 637.3	0.0 886.0	1450.0 1122.0
Czas [s]	9.500		0.100 0.302	0.000 1.300	

Zezwolenia kontroli ciśnienia  0.300s

Suchy cykl

Ciśnienie dotłacz.	17.980 s	0.00 mm	14.16 ccm
0.282 s	72900223		

## **Ad. 10 Dekompresja (wycofanie ślimaka)**

Dekompresja pomaga zmniejszyć ciśnienie stopu w przestrzeni przed ślimakiem po uplastycznianiu. Powinna wynosić około 5 do 10% objętości dozowania, ale co najmniej tak dużo, jak 10% średnicy ślimaka.

Aby uzyskać dokładniejsze szczegóły, patrz Rozdział 4.1 „Wytyczne dotyczące przetwarzania najważniejszych tworzyw sztucznych”.

### **Dekompresja za duża:**

- smugi powietrza wokół przewężki

### **Dekompresja za mała:**

- materiał wydostaje się z dyszy lub gorącego kanału

**5÷10 % objętości dozowania, a co najmniej 10% średnicy ślimaka**

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**