

# Materiały specjalne I

Intermetale  
Metale z pamięcią kształtu  
Materiały superplastyczne  
Materiały superczyste

# Intermetaliki

---

- Materiały o strukturze uporządkowanych faz międzymetalicznych:  $\text{Ni}_3\text{Al}$ ,  $\text{NiAl}$ ,  $\text{Ti}_3\text{Al}$ ,  $\text{TiAl}$ ,  $\text{Fe}_3\text{Al}$ ,  $\text{FeAl}$  i inne
- Zastosowanie: materiały konstrukcyjne do pracy w temp. 650-800 C, na niekiedy do 1000 C i w agresywnym środowisku chemicznym

- 
- Zalety: mała gęstość, wysoka wytrzymałość właściwa, wysoka granica plastyczności i moduł Younga, zadowalająca wytrzymałość zmęczeniowa, wysoka temperatura topnienia, stabilność struktury w wysokich temperaturach
  - Wady: niska plastyczność, mała odporność na kruche pękanie, pękanie międzykrystaliczne w temperaturze pokojowej (kruchosc środowiskowa)

- 
- Wytwarzanie: odlewnictwo, niekiedy metalurgia proszków
  - Zastosowanie: elementy turbin gazowych, sprężarek w lotnictwie, wirniki turbosprężarek, zawory i pierścienie w silnikach wysokoprężnych, pompy pracujące w warunkach intensywnej kawitacji, narzędzia do obróbki cieplnej na gorąco



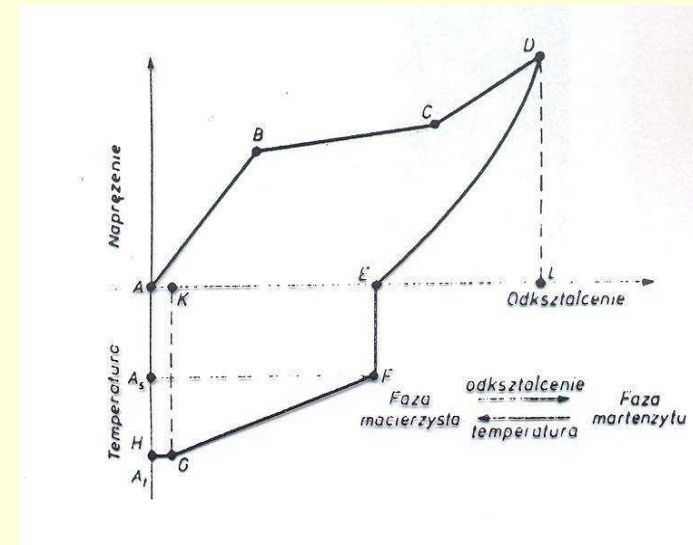
# Stopy z pamięcią kształtu

---

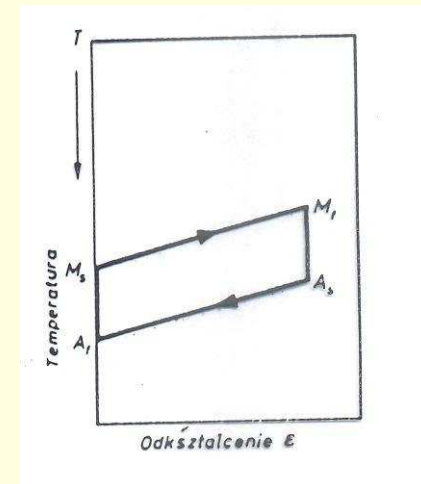
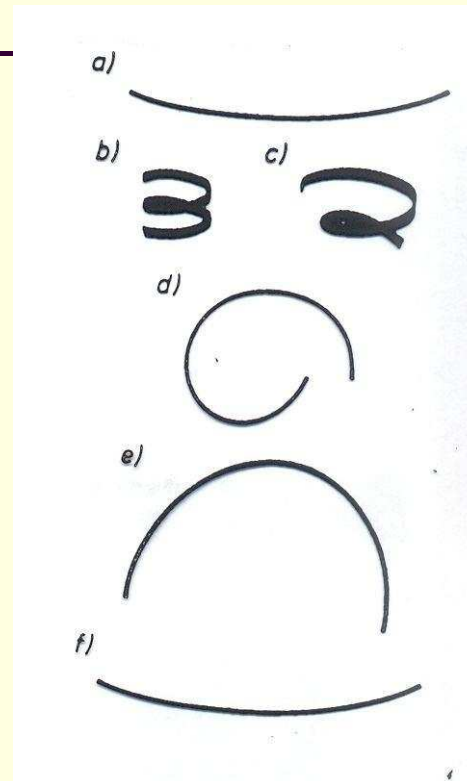
- Zjawisko pamięci kształtu: odkształcony metal powraca do oryginalnego kształtu po jego ogrzaniu do temperatury charakterystycznej dla stopu. Zmiana pamięci kształtu związana jest ze znaczną energią, która może wywołać pracę mechaniczną.
- Efekt pamięci kształtu wywołany jest odwracalną przemianą martenzytyczną w różnych materiałach.

# Różne typy odkształcenia

1. Odkształcony martenzyt → ogrzany martenzyt
2. Hartowany martenzyt → ogrzany martenzyt → odkształcony martenzyt



- Dwukierunkowy efekt pamięci kształtu: cykliczna zmiana kształtu w ślad za zmianą temperatury



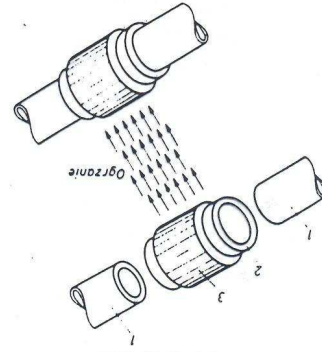
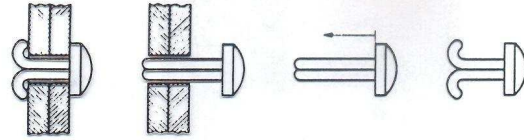
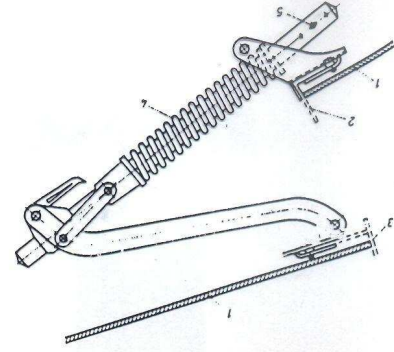
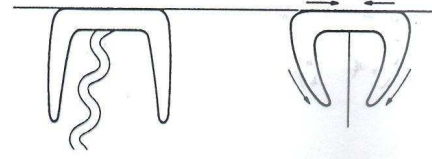
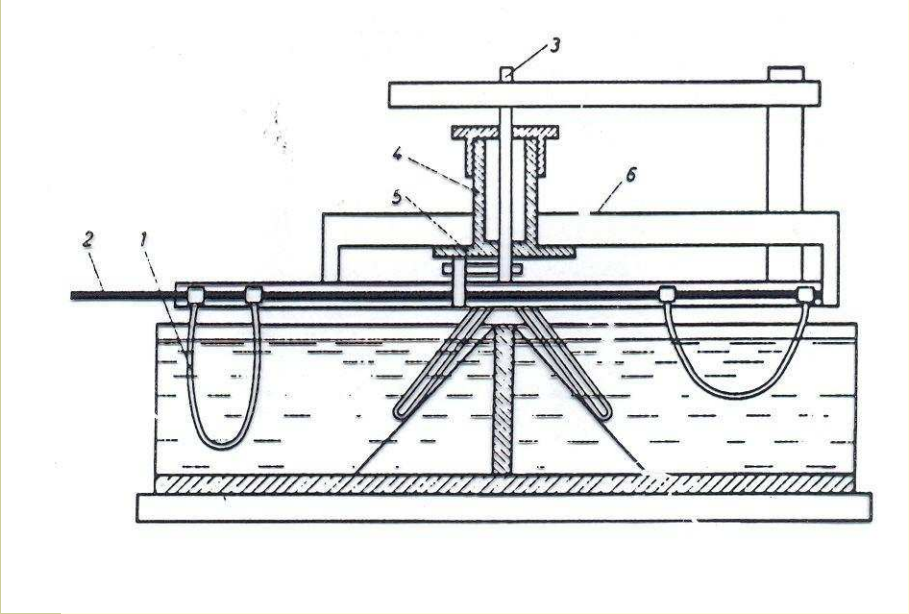


- 
- Struktura SME (shape memory alloys): A2 w podwyższonej temperaturze
  - Typy SME:
    - Stopy Cu-Zn-Al (14,5 Zn + 8.5 Al. + Ti, B) 453-173 K
    - Stopy Ni-Ti (53-57 Ni)

# Zastosowania

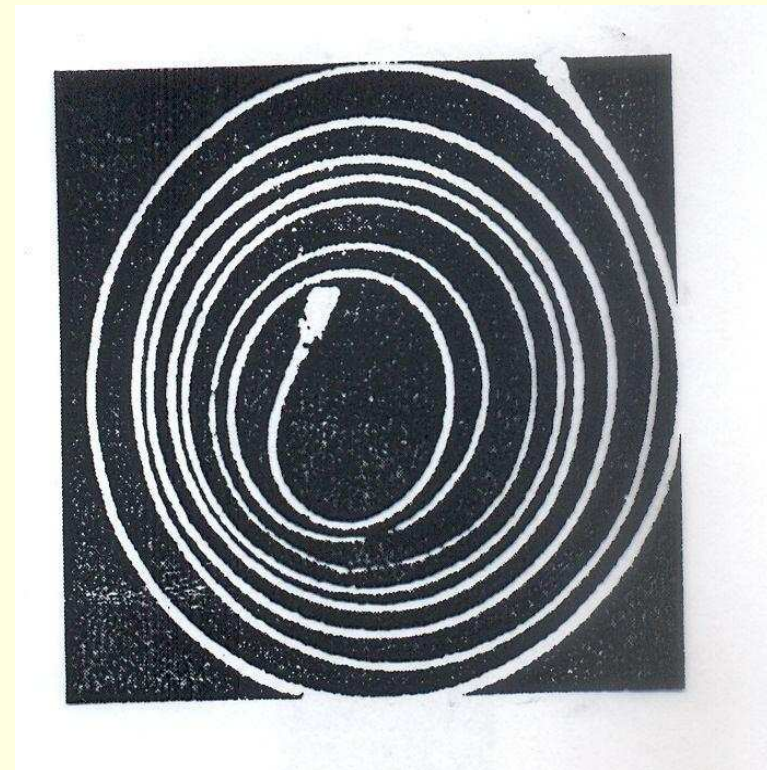
---

- Techniczne: silniki cieplne, trwałe połączenia mechaniczne i elektryczne, systemy regulujące, bimetale
- Medyczne: implanty krótkotrwałe

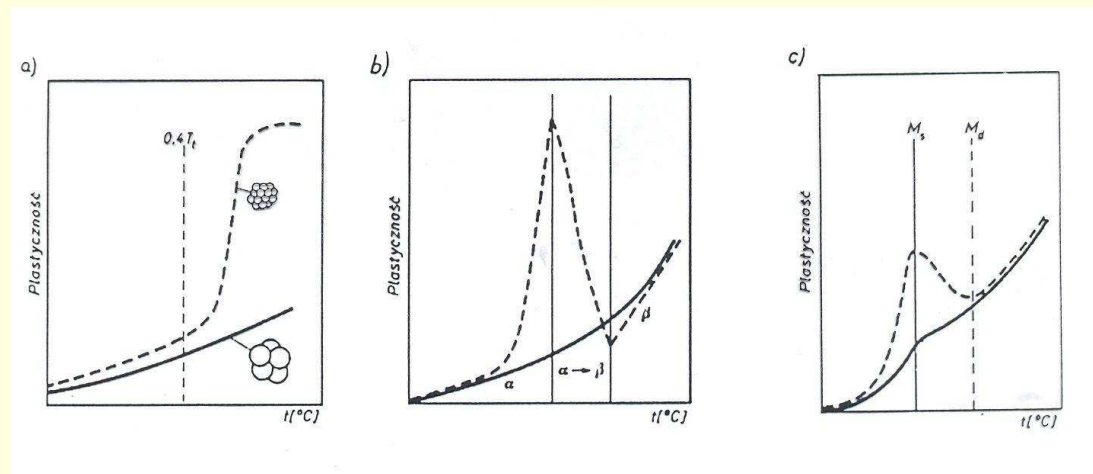


# Materiały superplastyczne

- Superplastyczność:  
anormalnie wysoka  
plastyczność (do 2000% bez  
dekohezji) stopu poddanego  
działaniu bardzo małych  
naprężeń w wysokich  
temperaturach  $> 0,4 T_m$

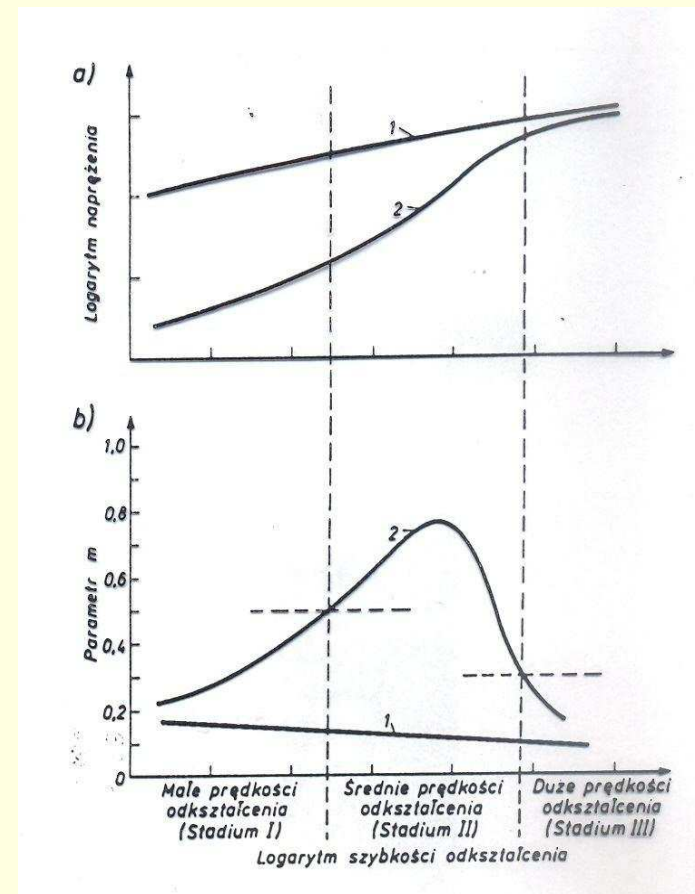


- Pojawia się w stopach o wielkości ziarna  $< 10 \mu\text{m}$  i ziarnach równoosiowych (sferycznych)



Stop	Maks. wydłuż. %	Temp. odkształc. K	Wielkość ziarna $\mu\text{m}$
AlCu33	1000	670-800	0,5-0,8
AlSi12	117	800	
BiSn43	>1000	290	
<del>BiPb32Sn16</del>	<del>1150</del>	<del>290</del>	<del>1-2</del>
CdZn26	400	293	
CoAl10	850	1470	0,4
CuAl10Fe4	720	1070	10
CuZn38-50	300	720-1260	
MgCu30	400	770	
MgAl33	2100	670-720	
Ni+Cr+Fe	Do 1000	1080-1250	5
PbCd10	1500	373	
PbTi8	371	290	1
SnBi15	1000	290	1,2-4
<del>SnPb38</del>	<del>&gt;1000</del>	<del>290</del>	<del>2-3</del>
TiAl6V4	1000	1070-1270	
TiAl1.5Sn2-5	450	1170-1370	
ZnAl0,4	550	290	
ZnAl40	700	520	1-10

- Wysoka czułość na prędkość odkształcania



---

- Mikromechanizmy;

- Dla materiałów konwencjonalnych w stadium deformacji następuje bardzo intensywny poślizg po granicach ziaren i spadek plastyczności w efekcie pojawienia się pęknięć międzykrystalicznych
- Dla materiałów superplastycznych następuje rotacja ziaren równoosiowych i poślizg kontrolowany przez ruch atomów, wspinanie się dyslokacji i poślizg dyslokacyjny po granicach ziaren; dyslokacje zwykle powodujące umacnianie metalu, tu ulegają anihilacji na granicach ziaren

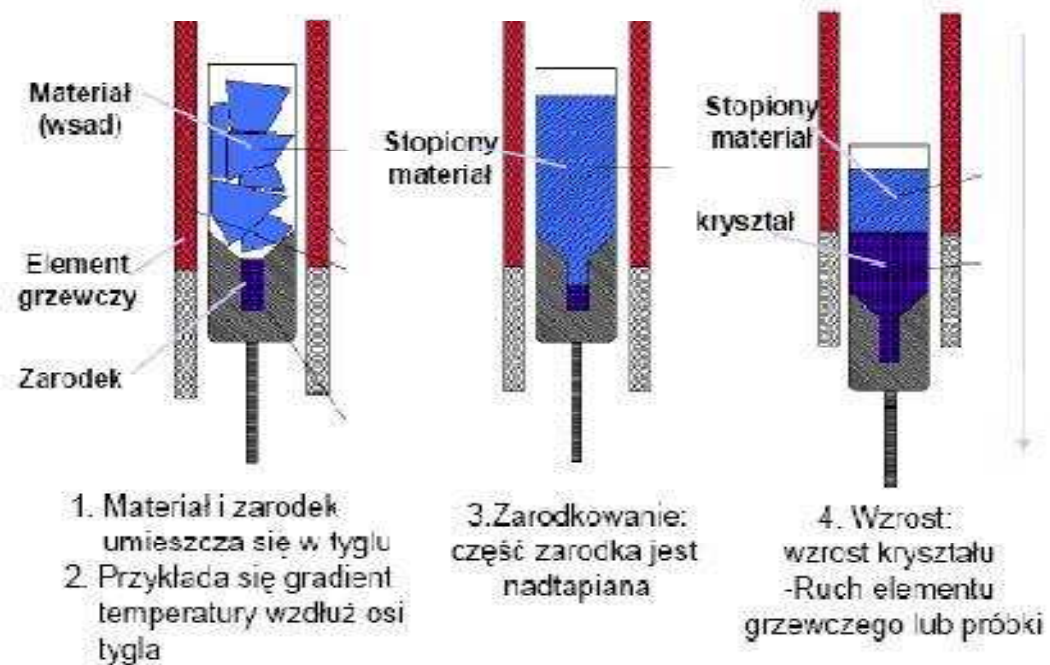


# Monokryształy i materiały superczyste

---

- Elektronika
- Optyka i optoelektronika
- Mechatronika
- Kataliza
- Badania naukowe

## Proces Bridgmana



### Zalety:

- Prostota – kształt kryształu zdeteminowany przez kształt naczynia.
- Nie potrzeba radialnego gradientu temp. w celu kontroli kształtu kryształu
- Nieużyte naprężenia termiczne  $\Rightarrow$  niewielka ilość dyslokacji indukowanych naprężeniem
- Kryształy można hodować w zamkniętych ampulkach (kontrola zawartości stopu)

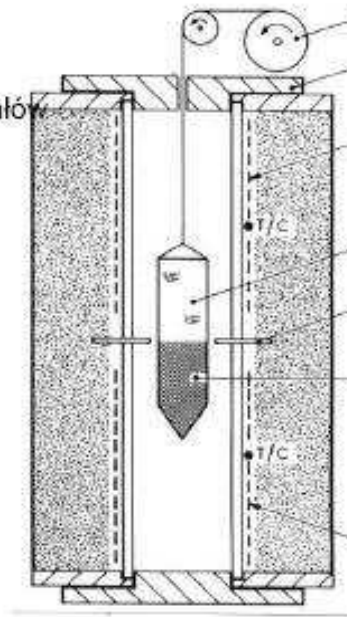
### Wady:

- Ograniczony wzrost: wpływ ciśnienia, jakie wywiera pojemnik na kryształ w czasie chłodzenia
- Trudność w obserwacji procesu dalszego zarodkowania i wzrostu kryształu
- Utrudnienia w produkcji na dużą skalę (Przygotowanie ampulek i zarodków, uszczelnianie itp.)

## Zastosowania procesu Bridgmana

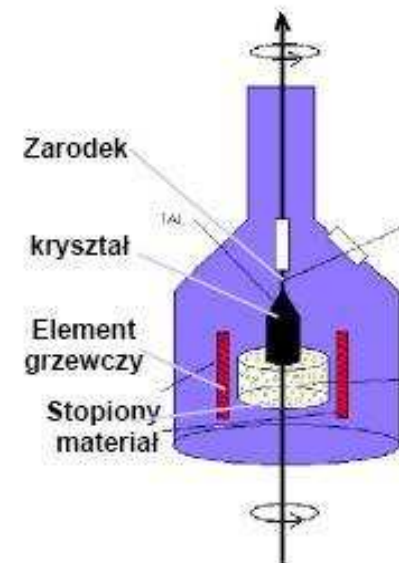
Metoda stosowana do otrzymywania monokryształów  
wszystkich podstawowych grup materiałów:

- Metali
- Stopów (także eutektycznych)
- Półprzewodników
- Tlenków i ceramiki
- Kryształów jonowych
- Materiałów organicznych



## Metoda Czochralskiego

- Materiał jest utrzymywany w temp nieco wyższej niż  $T_M$
- Zarodek jest zanurzany do stopu i powoli wyciągany
- Metoda służąca do otrzymywania krzemu monokrystalicznego



### Zalety:

- Kryształ może być obserwowany
- Możliwość produkcji na dużą skalę (otrzymywanie dużych kryształów)
- Możliwość osiągnięcia wysokiej czystości i jednorodności kryształów
- Uzyskanie produktu o określonej orientacji krystalograficznej

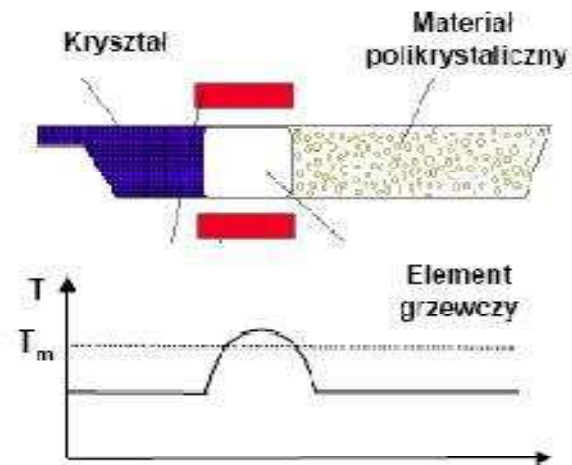


### Wady:

- Niemożliwe użycie materiałów o  $\uparrow$  prężności pary
- Proces wymagający stosowania substratu porcjami – trudno wdrożyć proces ciągły
- Kryształ musi być obracany
- Proces wymaga dbałości i ciągłej uwagi jak i dokładnej kontroli
- Duży gradient temperatury (kontrola  $\emptyset$ ) – przy małym trudność kontroli kształtu
- Duże naprężenia termiczne

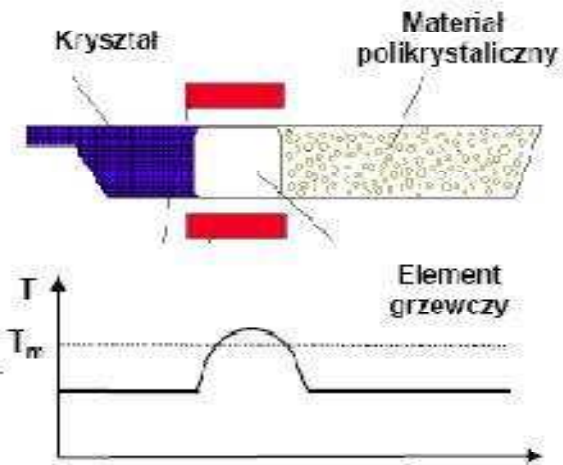
## Topienie strefowe

- W poziomym tyglu znajduje się polikryształ.
- Piec przesuwany wzdłuż niego z odpowiednią prędkością, tak aby polikryształ topił się i krystalizował;



## Topienie strefowe

- Metoda ta jest również stosowana do oczyszczania materiałów. Wynika to stąd, że zanieczyszczenia rozpuszczają się chętniej w fazie ciekłej.
- Góry lodowe w słonej wodzie nie zawierają soli!





### Zalety

- Materiał jest oczyszczany przez powtarzane przechodzenie przez strefę (oczyszczanie strefowe)
- Kryształy mogą rosnąć w zamkniętych ampułach lub w zbiornikach otwartych
- Możliwość realizacji ciągłego wzrostu
- Proces nie wymaga wielkiej dbałości
- Prostota: nie ma potrzeby kontroli kształtu kryształu

### Wady

- Ograniczony wzrost
- Trudność obserwacji procesu i wzrostu kryształu
- Utrudnione wymuszenie konwekcji
- Metody nie można zastosować do niektórych materiałów o  $\uparrow$  prężnościach par