

TECHNIKI INFORMATYCZNE W ODLEWNICTWIE



Janusz LELITO, Paweł ŻAK, Michał SZUCKI

Faculty of Foundry Engineering,
Department of Foundry Processes Engineering,
AGH University of Science and Technology, Krakow

Data ostatniej modyfikacji: 28.11.2012



- Dane 2D/3D
- Rysunki 2D
- Narzucone metody kontroli jakości
- Specyfikacja warunków odbioru

- Rysunki (goemtria numeryczna 3D)
- Obliczenia technologiczne
- Obliczenia ciężaru
- Definicje parametrów użytkowych

- Symulacja procesów:
 - ◆ Wypełniania
 - ◆ Krzepnięcia
 - ◆ Powstawania naprężeń
 - ◆ Obróbki cieplnej
- Obliczenia symulacyjne wytrzymałościowe

- Wykonanie modeli
- Kontrola wymiarowa i skanowanie
- Obróbka mechaniczna
- Spawanie
- Obróbka wykańczająca

I – interface’y geometrii CAD

Modele krystalizacji

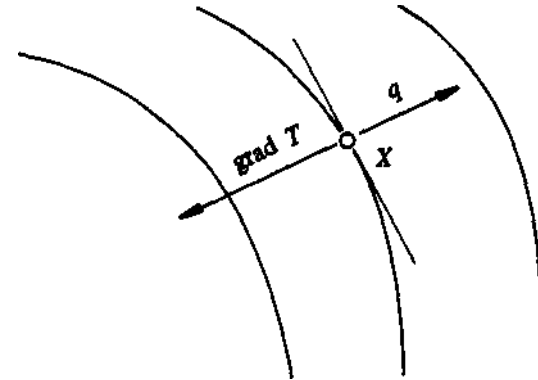
1. Model makro
2. Model mikro-makro

Modele krystalizacji, model makro

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu

Prawo Fouriera

$$q(X, Y, Z, \tau) = -\lambda \text{ grad}T(X, Y, Z, \tau)$$



Równanie Fouriera – Kirchhoffa:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} + c_p \rho \cdot u \cdot \text{grad}T = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) + q_v \quad , \frac{W}{m^3}$$

c_p - ciepło właściwe; $\frac{J}{kg \cdot K}$ λ - współczynnik przewodzenia ciepła; $\frac{W}{m \cdot K}$

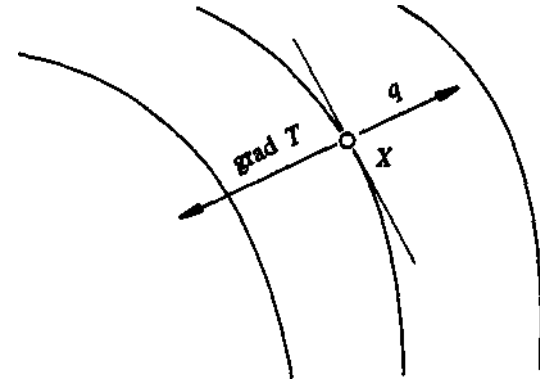
ρ - gęstość; $\frac{kg}{m^3}$ L - utajone ciepło krystalizacji; $\frac{J}{m^3}$

u – wektor prędkości ruchu medium, ms^{-1}

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu

Prawo Fouriera

$$q(X, Y, Z, \tau) = -\lambda \text{ grad}T(X, Y, Z, \tau)$$



Równanie Fouriera – Kirchhoffa bez konwekcji:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) + q_v$$

$$, \frac{W}{m^3}$$

c_p - ciepło właściwe; $\frac{J}{kg \cdot K}$ λ - współczynnik przewodzenia ciepła; $\frac{W}{m \cdot K}$

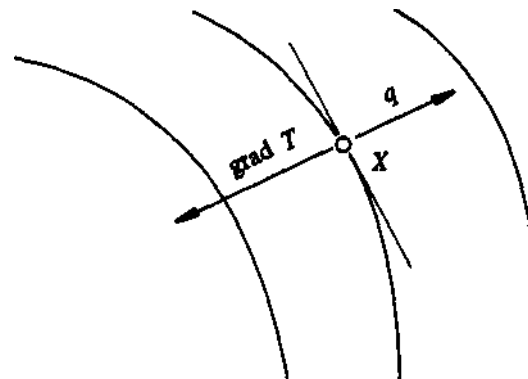
ρ - gęstość; $\frac{kg}{m^3}$ L - utajone ciepło krystalizacji; $\frac{J}{m^3}$

u – wektor prędkości ruchu medium, ms^{-1}

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu

Prawo Fouriera

$$q(X, Y, Z, \tau) = -\lambda \text{ grad} T(X, Y, Z, \tau)$$



Równanie Fouriera – Kirchhoffa:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad} T) + L \frac{\partial f_s}{\partial \tau} \quad , \frac{W}{m^3}$$

$$q_v = L \frac{\partial f_s}{\partial \tau}$$

$$f_s = \frac{V_s}{V}$$

c_p - ciepło właściwe; $\frac{J}{kg \cdot K}$ λ - współczynnik przewodzenia ciepła; $\frac{W}{m \cdot K}$

ρ - gęstość; $\frac{kg}{m^3}$ L - utajone ciepło krystalizacji; $\frac{J}{m^3}$

u – wektor prędkości ruchu medium, ms^{-1}

Model makro

W modelu makro wydzielanie się ciepła krystalizacji uwzględnia się jednym ze sposobów:

- zastąpienie ciepła właściwego zastępczą pojemnością cieplną.

Ułamek fazy zakrzepłej f_s jest funkcją temperatury ($f_s = f(T)$), wówczas:

$$\frac{\partial f_s}{\partial \tau} = \frac{df_s}{dT} \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} \quad \longrightarrow \quad c_p \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) + L \frac{df_s}{dT} \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

$c_V = c_p \rho$

$$\left(c_V - L \frac{df_s}{dT} \right) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T)$$

Korzystając z definicji ułamka fazy zakrzepłej wynika, że dla $T=T_L$ to $f_s=0$, zaś dla $T=T_S$ to $f_s=1$, zatem:

$$f_s(T) = \frac{T_L - T}{T_L - T_S} \quad \longrightarrow \quad \frac{df_s}{dT} = \frac{-1}{T_L - T_S}$$

$$\left(c_V + L \frac{1}{T_L - T_S} \right) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T)$$

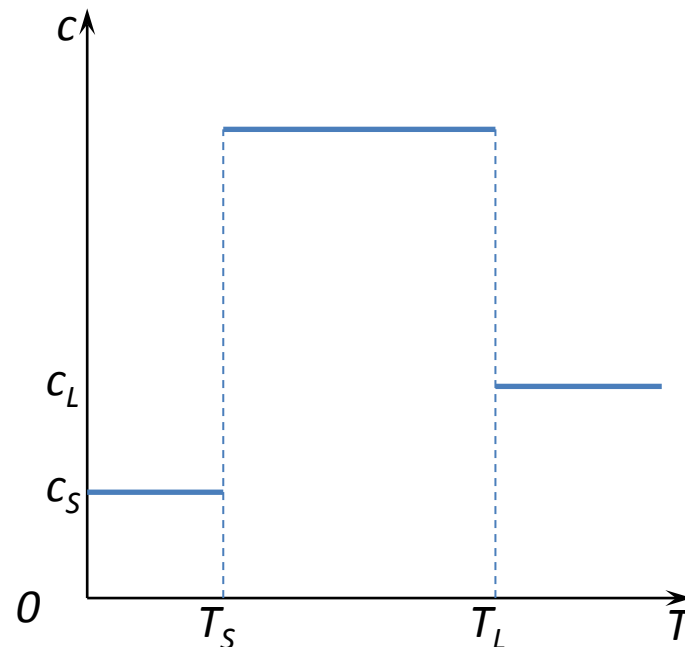
Model makro

zastępcza pojemność cieplna

$$c_{ef} = c_V + \frac{L}{T_{lik} - T_{sol}}$$

lub

$$c_{ef}(T) = c_V + L \frac{df_s}{dT}$$



Powyższe warunki zakładają powiązanie kinetyki wydzielania się ciepła z temperaturą. Dla przypadku opisanego równaniem pierwszym przyjęta jest stała wartość efektywnego ciepła właściwego, a dla przypadku drugiego funkcja ta jest zależna od wykresu równowagi.

- zamiana ciepła krystalizacji na tak zwany zapas temperatury.

$$\Theta = \frac{L}{c_V}$$

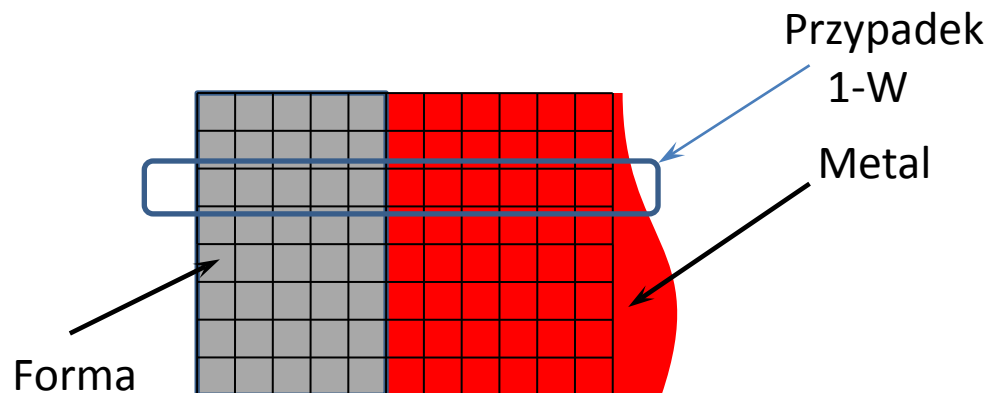
Warunek zapasu temperatury dotyczy wyłącznie przypadku, w którym przemiana zachodzi w stałej temperaturze, jak ma to miejsce w przypadku reakcji eutektycznej.



AGH

Model makro

zapas temperatury, opis na przykładzie



Założmy, że temperatura krzepnięcia wynosi $T_{kr}=100K$, a zapas temperatury $\Theta=20K$.
W chwili τ^f wszystkie węzły obszaru były w fazie ciekłej:

105	112	117	120	120	120	τ^f
○	○	○	○	○	○	
20	20	20	20	20	20	Θ

Otrzymano następujące pole temperatury dla $\tau=\tau^{f+1}$:

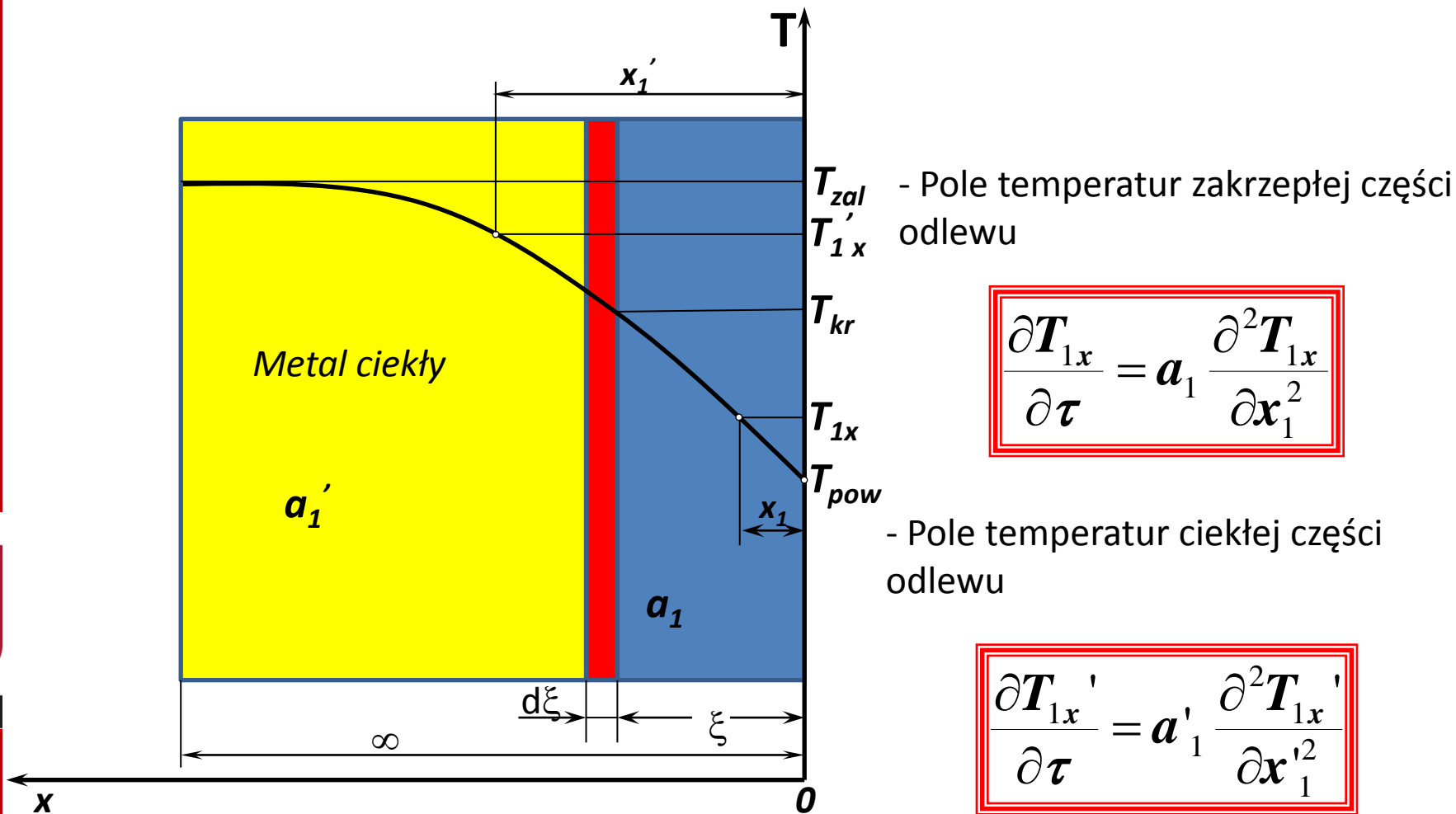
90	99	110	115	120	120	τ^{f+1}
○	○	○	○	○	○	
10	1	0	0	0	0	Θ^{f+1}

Skorygowany rozkład temperatury i aktualne zapasy temperatury:

100	100	110	115	120	120	τ^{f+1}
○	○	○	○	○	○	
10	19	20	20	20	20	Θ^{f+1}

**Modele krystalizacji, model makro (analityczny
model Stefana-Neumanna)**

Matematyczny opis modelu Stefana-Neumanna



Matematyczny opis modelu Stefana-Neumanna

Warunki graniczne:

a) Warunki początkowe:

$$\text{Dla } \tau = 0; T'_{1x} = T_0 = T_{zal}$$

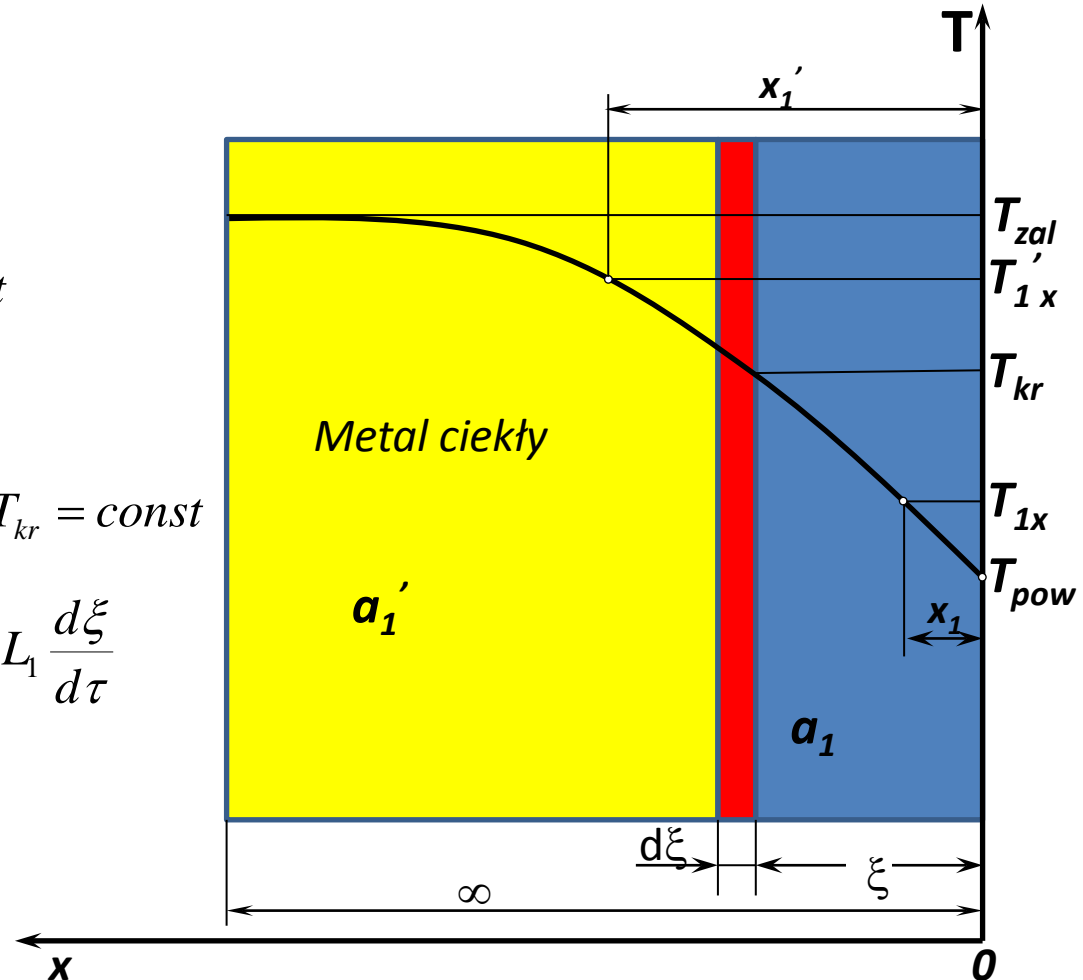
b) Warunki brzegowe:

$$\text{Dla } x_1 = 0; T_{1x} = T_{pow} = const$$

$$\text{Dla } x'_1 = \infty; \frac{\partial T'_{1x}}{\partial x'_1} = 0$$

$$\text{Dla } x_1 = x'_1 = \xi; T_{1x} = T'_{1x} = T_{kr} = const$$

$$-\lambda'_1 \left(\frac{\partial T'_{1x}}{\partial x'_1} \right) = -\lambda \left(\frac{\partial T_{1x}}{\partial x_1} \right) + \rho_1 L_1 \frac{d\xi}{d\tau}$$



Analityczne rozwiązanie modelu Stefana - Neumanna

Zakłada się, że niestacjonarne pole temperatury w podobzarach układu opisane jest funkcjami Gaussa

$$\text{Zakrzepła część odlewu: } T_{1x} = A_1 + B_1 \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{x_1}{2\sqrt{a_1\tau}} \right)$$

$$\text{Ciekła część odlewu: } T'_{1x} = A_2 + B_2 \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{x'_1}{2\sqrt{a'_1\tau}} \right)$$

Wyliczenie stałych: A_1 i A_2

$$\text{Dla } x_1 = 0; \operatorname{erf}(0) = 0, T_{1x} = T_{pow} = \text{const}$$

$$A_1 = T_{pow}$$

$$\text{Dla } \tau = 0; \operatorname{erf}(\infty) = 1, T'_{1x} = T_0 = T_{zal}$$

$$A_2 = T_0 - B_2$$

$$\text{Zakrzepła część odlewu: } T_{1x} = T_{pow} + B_1 \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{x_1}{2\sqrt{a_1\tau}} \right)$$

$$\text{Ciekła część odlewu: } T'_{1x} = T_0 - B_2 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x'_1}{2\sqrt{a'_1\tau}} \right) \right)$$

Analityczne rozwiązanie modelu Stefana - Neumanna

Wyliczenie stałych: B_1 i B_2

Dla $x_1 = x'_1 = \xi$; $erfc(u) = 1 - erf(u)$, $T_{1x} = T'_{1x} = T_{kr} = const$

$$T_{pow} + B_1 \cdot erf\left(\frac{\xi}{2\sqrt{a_1\tau}}\right) = T_0 - B_2 \cdot erfc\left(\frac{\xi}{2\sqrt{a'_1\tau}}\right) = T_{kr}$$

$$B_1 = \frac{T_{kr} - T_{pow}}{erf\left(\frac{\xi}{2\sqrt{a_1\tau}}\right)}$$

$$B_2 = \frac{T_0 - T_{kr}}{erfc\left(\frac{\xi}{2\sqrt{a'_1\tau}}\right)}$$

Zakrzepła część odlewu:

$$T_{1x} = T_{pow} + (T_{kr} - T_{pow}) \frac{erf\left(\frac{x_1}{2\sqrt{a_1\tau}}\right)}{erf\left(\frac{\xi}{2\sqrt{a_1\tau}}\right)}$$

Ciekła część odlewu:

$$T'_{1x} = T_0 - (T_0 - T_{kr}) \frac{erfc\left(\frac{x'_1}{2\sqrt{a'_1\tau}}\right)}{erfc\left(\frac{\xi}{2\sqrt{a'_1\tau}}\right)}$$

Analityczne rozwiązanie modelu Stefana - Neumanna

Zakrzepła część odlewu:
$$T_{1x} = T_{pow} + (T_{kr} - T_{pow}) \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{x_1}{2\sqrt{a_1\tau}}\right)}{\operatorname{erf}\left(\frac{\xi}{2\sqrt{a_1\tau}}\right)}$$

Ciekła część odlewu:
$$T'_{1x} = T_0 - (T_0 - T_{kr}) \frac{\operatorname{erfc}\left(\frac{x'_1}{2\sqrt{a'_1\tau}}\right)}{\operatorname{erfc}\left(\frac{\xi}{2\sqrt{a'_1\tau}}\right)}$$

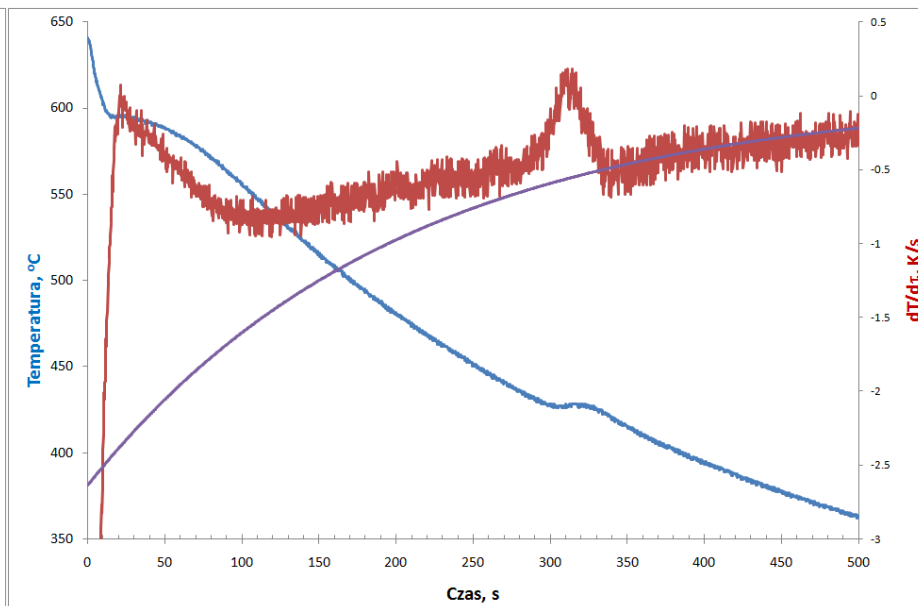
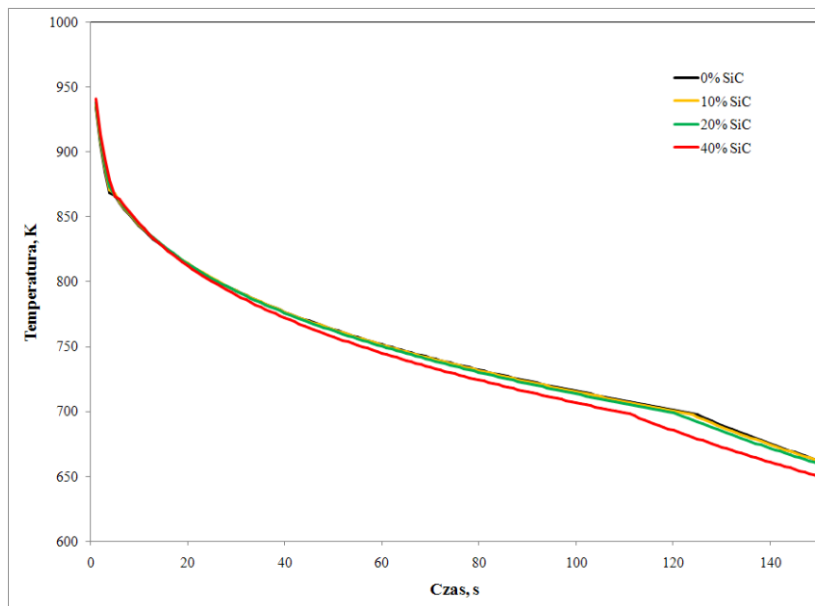
$$-\lambda'_1 \left(\frac{\partial T'_{1x}}{\partial x'_1} \right) = -\lambda \left(\frac{\partial T_{1x}}{\partial x_1} \right) + \rho_1 L_1 \frac{d\xi}{d\tau}$$

Zastosowanie modelu Stefana – Neumanna:

- Do obliczeń płyt nieograniczonych;
- Metali krzepnących w stałej temperaturze;
- Dla warunków chłodzenia odlewu zapewniających stałość temperatury jego powierzchni.

MODEL MAKRO

Podsumowanie



Krzywe stygnięcia kompozytu uzyskana w wyniku przeprowadzonych obliczeń dla modelu makro

Krzywe stygnięcia kompozytu uzyskana w wyniku przeprowadzonego pomiaru temperatury termoelementem

W modelu makro przyjęcie założenia zależności kinetyki wydzielania się ciepła krystalizacji od temperatury bądź wprost od układu równowagowego powoduje otrzymanie krzywej stygnięcia, na której niewidoczna jest rekalescencja. Dlatego, niemożliwe staje się określenie czasu trwania procesu zarodkowania oraz szybkości zarodkowania. Brak tych informacji uniemożliwia określenie zróżnicowania mikrostruktury na przekroju odlewu.

Modele krystalizacji, model mikro-makro

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro

Równanie Fouriera – Kirchhoffa:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} + c_p \rho \cdot u \cdot \text{grad}T = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) + q_v \quad , \frac{W}{m^3}$$

dla:

$$c_v = c_p \rho$$

dla:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{1}{c_v} \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) + \frac{q_v}{c_v} \quad , \frac{K}{s}$$

$$q_v = L \frac{\partial f_s}{\partial \tau}$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{1}{c_v} \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) + \frac{L}{c_v} \frac{\partial f_s}{\partial \tau} \quad , \frac{K}{s}$$

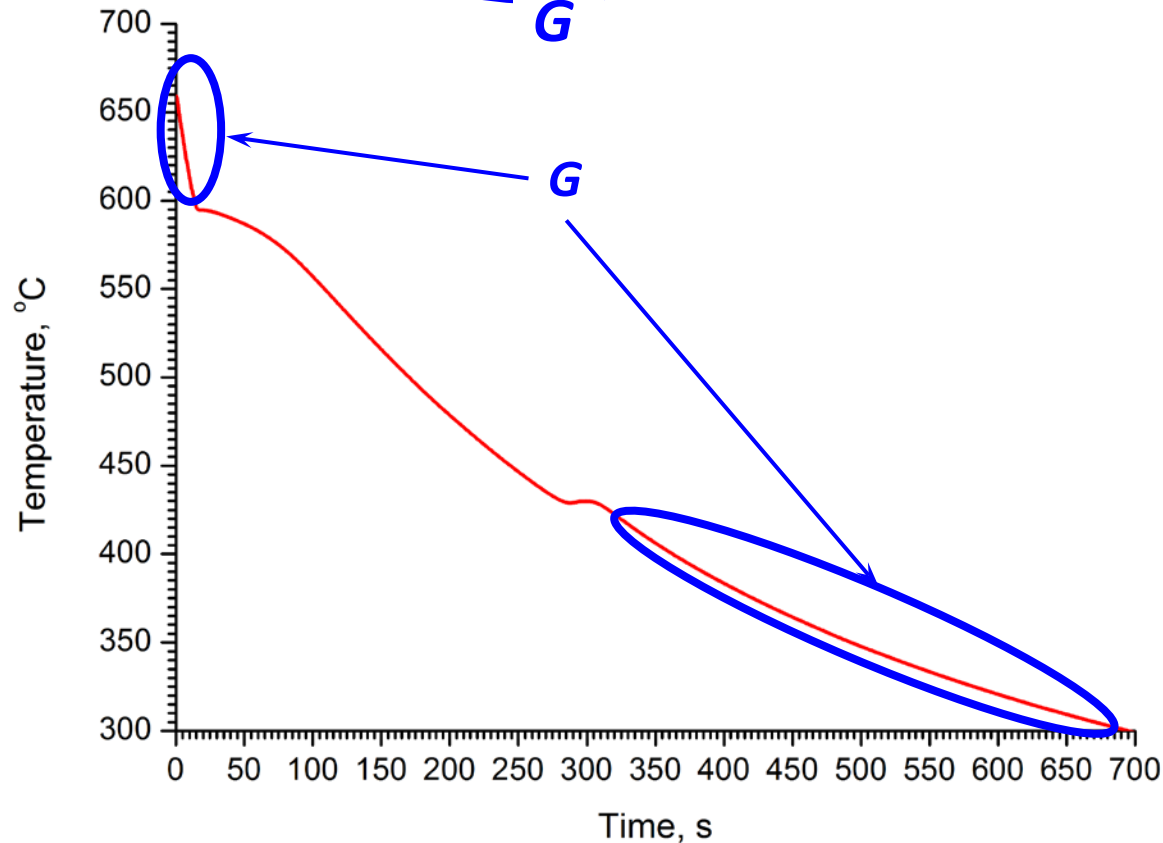
c_p - ciepło właściwe; $\frac{J}{kg \cdot K}$ λ - współczynnik przewodzenia ciepła; $\frac{W}{m \cdot K}$

ρ - gęstość; $\frac{kg}{m^3}$ L - utajone ciepło krystalizacji; $\frac{J}{m^3}$

u – wektor prędkości ruchu medium; ms^{-1} c_v – ciepło właściwe; $\frac{J}{m^3 \cdot K}$

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{1}{c_V} \operatorname{div}(\lambda \cdot \operatorname{grad} T) + \frac{L}{c_V} \frac{\partial f_s}{\partial \tau} \quad , \frac{K}{s}$$

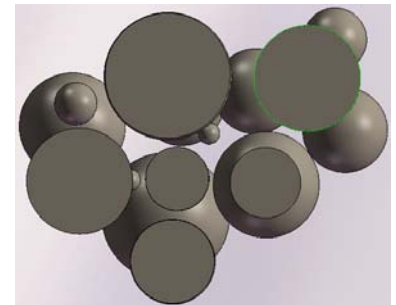
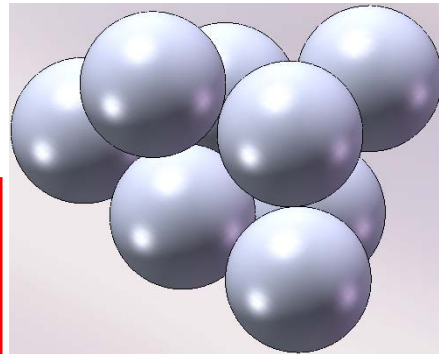


Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = G + \frac{L}{c_v} \frac{\partial f_s}{\partial \tau} \quad , \quad \frac{K}{s}$$

Kołmogorow-Johnson-Mehl-Avrami:

$$f_s = 1 - \exp\left(-\frac{4}{3} \pi R^3 N_v\right)$$



Zarodkowanie
natychmiastowe :

$$N_v = \text{constant}, R = f(\tau)$$

$$\frac{\partial f_s}{\partial \tau} = (1 - f_s) 4\pi R^2 N_v \frac{\partial R}{\partial \tau} \quad , \quad \frac{1}{s}$$

Zarodkowanie
ciągłe:

$$N_v \text{ i } R = f(\tau)$$

$$\frac{\partial f_s}{\partial \tau} = (1 - f_s) \left[4\pi R^2 N_v \frac{\partial R}{\partial \tau} + \frac{4}{3} \pi R^3 \frac{\partial N_v}{\partial \tau} \right] \quad , \quad \frac{1}{s}$$

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro

Objętościowa gęstość ziaren:

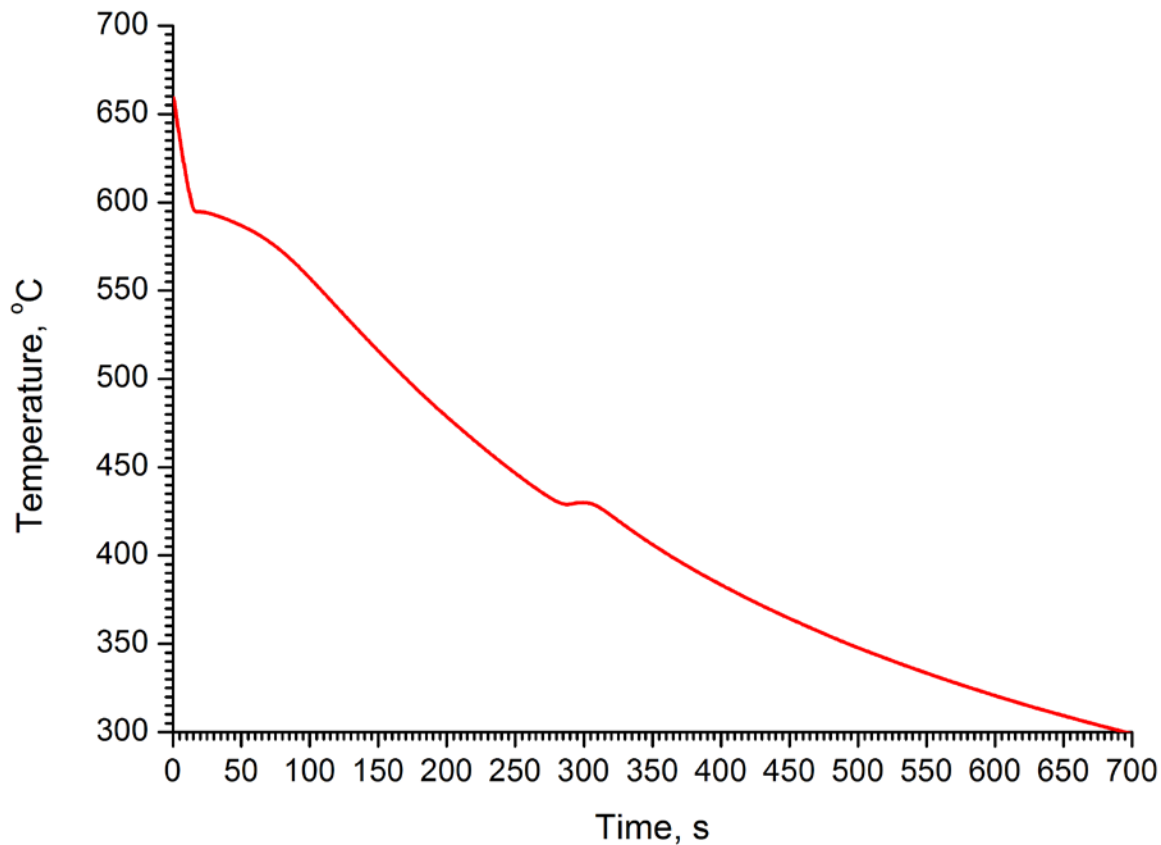
Model Oldfielda:

$$N_V = \psi \Delta T^n \quad , \frac{1}{m^3}$$

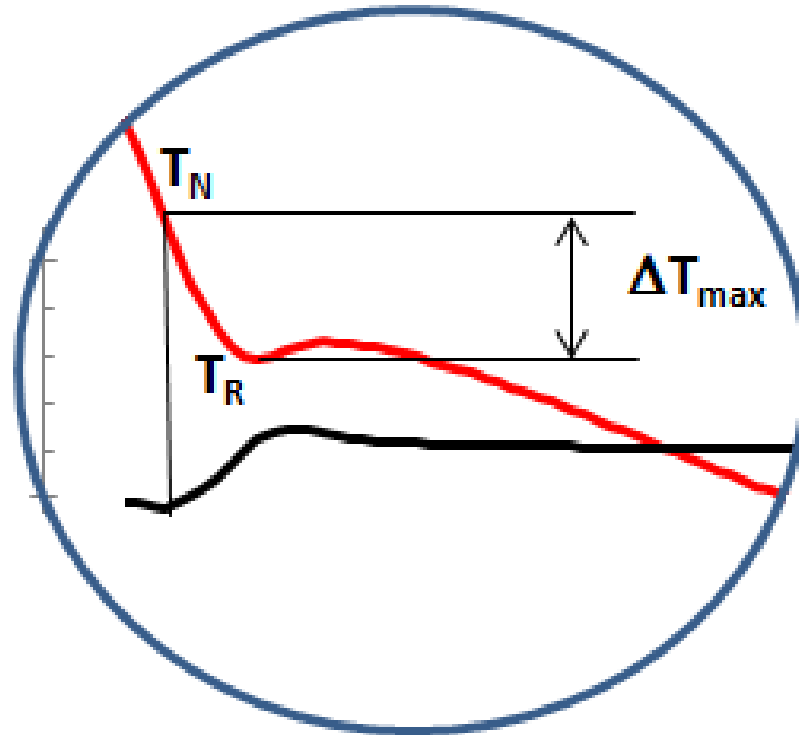
Model Greera i Frasia:

$$N_V = N_L \cdot \exp\left(-\frac{Z}{\Delta T_{\max}}\right) \quad , \frac{1}{m^3}$$

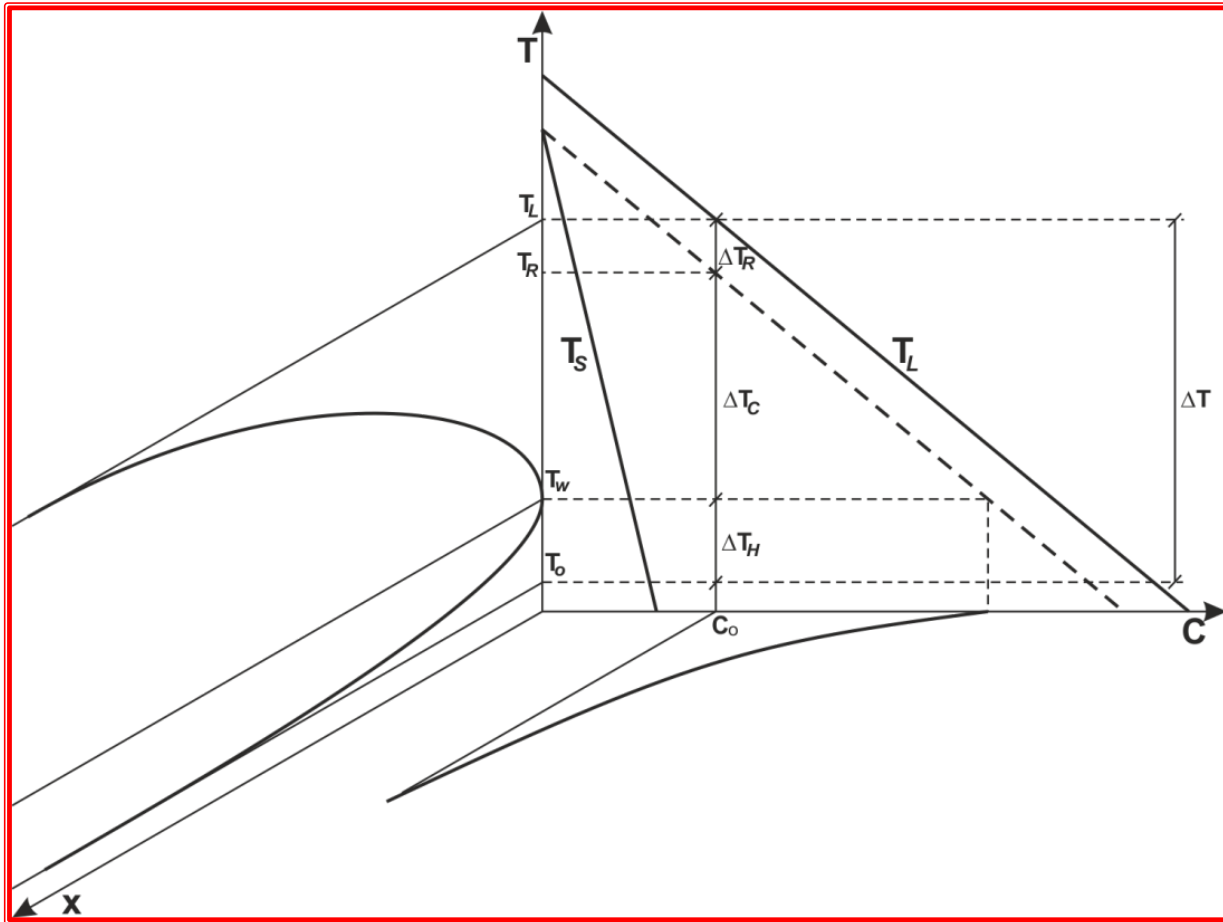
Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro



Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro



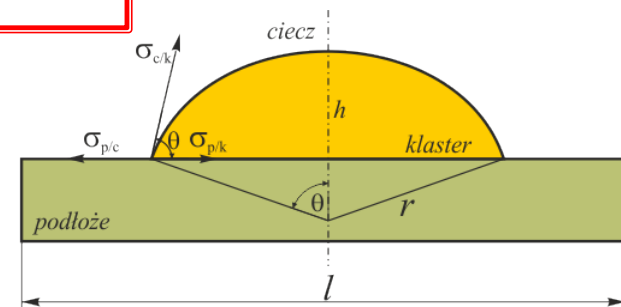
Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro



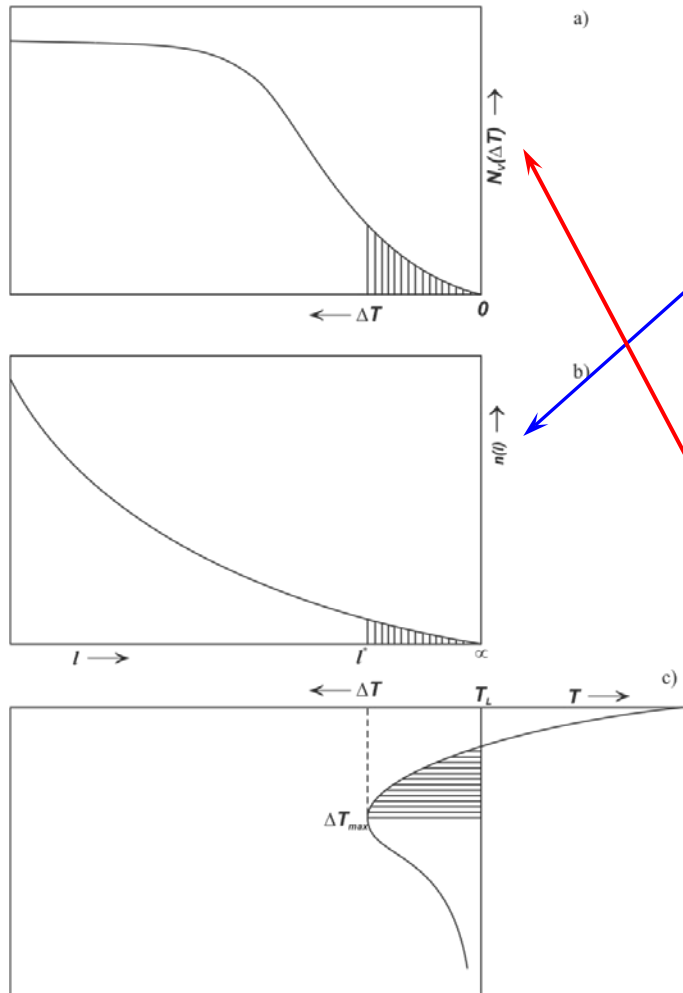
$$\Delta T = \Delta T_R + \Delta T_C + \delta T + \Delta T_H + \Delta T_G$$

$$\Delta T_R = \frac{2\sigma_{S/L}}{\Delta S_V R}$$

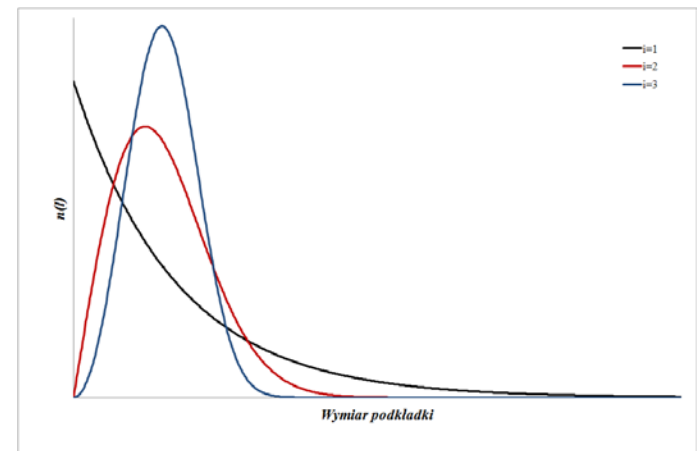
$$\Delta T_C = m_L (C_o - C_L^*)$$



Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro



$$n(l) = ipl^{i-1} \exp(-pl^i)$$



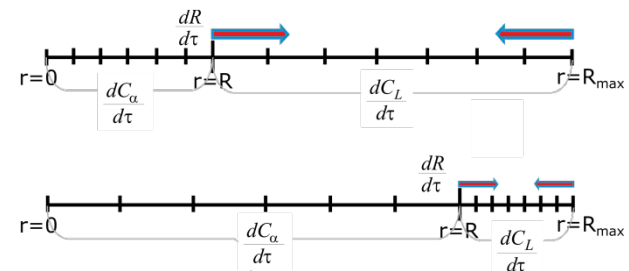
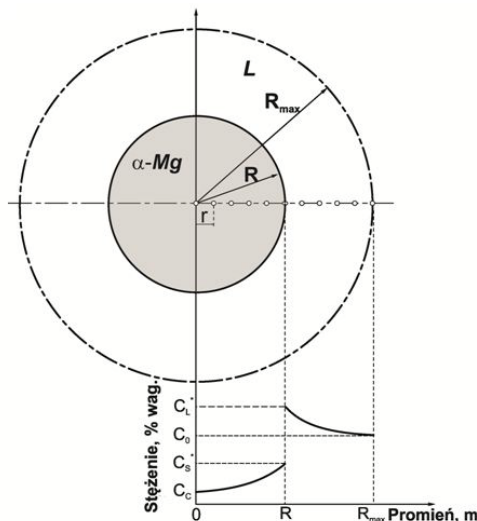
$$N_V = N_p \cdot \int_{\frac{\beta}{\Delta T_{\max}}}^{\infty} n(l) dl$$

$$N_V = N_L \cdot \exp\left(-\frac{Z}{\Delta T_{\max}}\right)$$

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro. Szybkość przyrostu promienia

$$r^2 \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 D(C(r, \tau)) \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial r} \right)$$

$$\frac{\partial C(r, \tau)}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 C(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial r} \right)$$



$$\frac{dC(r, \tau)}{d\tau} = \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial \tau} + \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial r} \cdot \left(\frac{dr}{d\tau} \right)$$

dla ziarna:

$$\frac{dr}{d\tau} = \frac{r}{R} \cdot \frac{dR}{d\tau}$$

dla cieczy:

$$\frac{dr}{d\tau} = \frac{R_{\max} - r}{R_{\max} - R} \cdot \frac{dR}{d\tau}$$

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro. Szybkość przyrostu promienia

dla ziarna:

$$\frac{dC(r, \tau)}{d\tau} = D_\alpha \left(\frac{\partial^2 C(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial r} \right) + \frac{r}{R} \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial r} \frac{dR}{d\tau}$$

dla cieczy:

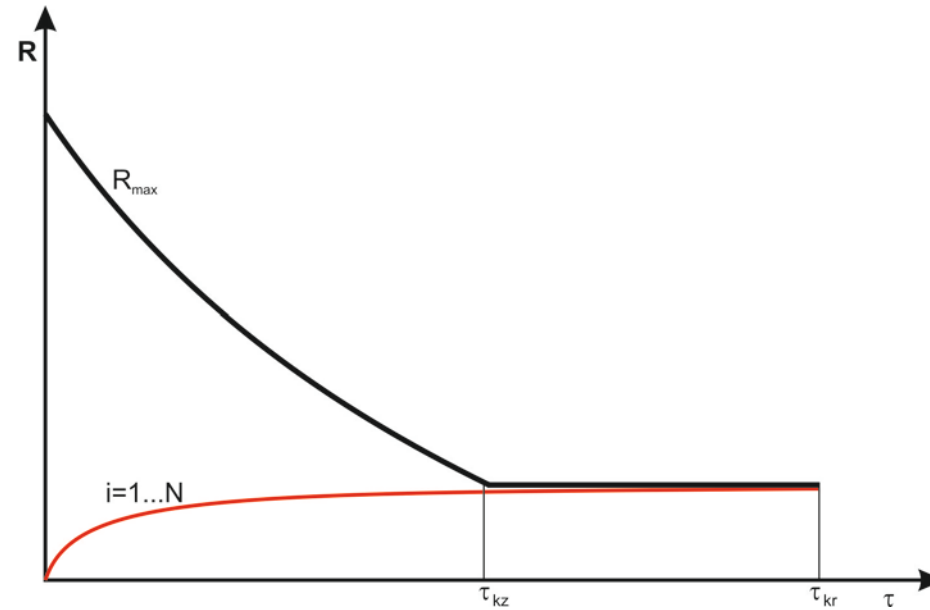
$$\frac{dC(r, \tau)}{d\tau} = D_L \left(\frac{\partial^2 C(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial r} \right) + \frac{R_{\max} - r}{R_{\max} - R} \frac{\partial C(r, \tau)}{\partial r} \frac{dR}{d\tau}$$

$$R_{\max} = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi N_V}}$$

Bilans masy:

$$(C_L^* - C_S^*) \frac{dR}{d\tau} = D_\alpha \left. \frac{dC(r, \tau)}{dr} \right|_{r \rightarrow R^-} - D_L \left. \frac{dC(r, \tau)}{dr} \right|_{r \rightarrow R^+}$$

Matematyczny opis krzepnięcia i stygnięcia odlewu – Model mikro



AGH

**MAGMASoft – przykładowe oprogramowanie
inżynierskie (komercyjne) wykorzystujące w
większym bądź mniejszym stopniu powyższe
modele**

MAGMASOFT

project	preprocessor	enmeshment	simulation	postprocessor	database	info	help
---------	--------------	------------	------------	---------------	----------	------	------

```
$Connection MAGMASOFT/MAGMAprj closed ...  
$Open connection to `MAGMApre` ...  
$Initialize MAGMASOFT/MAGMATng_post ...
```



MAGMASOFT

project	preprocessor	enmeshment	simulation	postprocessor	database	info	help
---------	--------------	------------	------------	---------------	----------	------	------

open project
create project
create version

delete results
delete version / project
rename project

project info

1: GT13_CASING_Lower_Part / version_04
2: trojnik_zabrze_1 / version_01
3: trojnik_zabrze_1 / version_10
4: trojnik_zabrze_1 / version_09
5: trojnik_zabrze_1 / version_08

exit MAGMASOFT

```
$Connection MAGMASOFT/MAGMAprj closed ...  
$Open connection to `MAGMapre` ...  
$Initialize MAGMASOFT/MAGMATng_post ...
```



MAGMASOFT

project

preprocessor

enmeshment

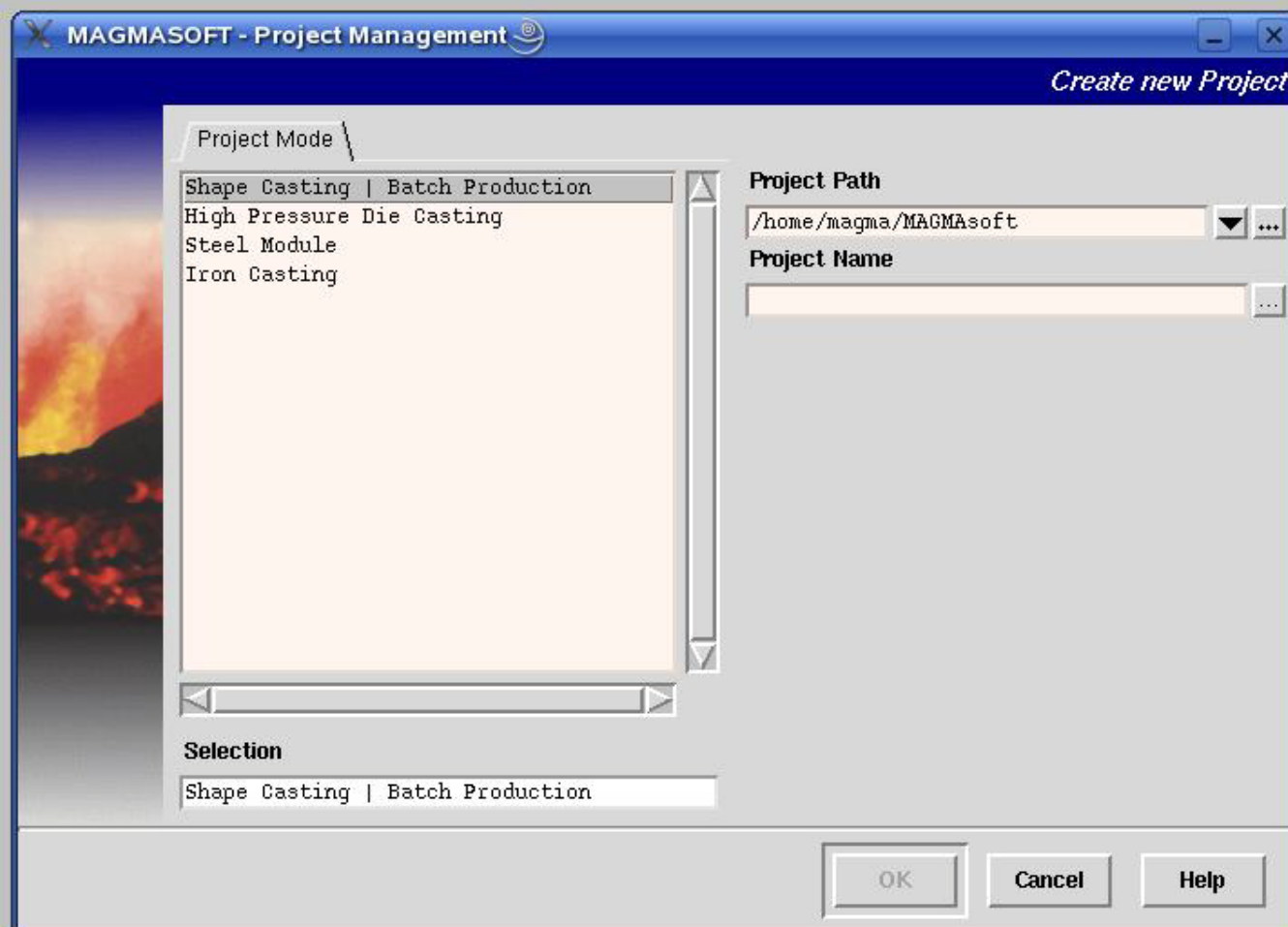
simulation

postprocessor

database

info

help



```
-- GEO v1.4.0 [( 13/11/07/16/14/22 )] --  
-- OLDGEO v1.1 [( 13/11/07/16/14/36 )] --  
-- DB v2.5.0 [( 13/11/07/16/12/49 )] --  
-- DATA v1.11 [( 14/02/08/21/24/33 )] --
```

MAGMASOFT

- project
- preprocessor
- enmeshment
- simulation
- postprocessor
- database
- info
- help

- File
- Select
- Edit
- Redisplay
- Reset
- Color
- Material
- Help
- Info
- Database

The main workspace contains four 3D coordinate systems for modeling. The top-left view shows the y-z plane with x as the depth axis. The top-right view shows the x-z plane with y as the depth axis. The bottom-left view shows the x-y plane with z as the depth axis. The bottom-right view shows a 3D perspective of the x, y, and z axes.

Navigation and tool icons:

- Undo Point
- Zoom
- Material
- Views
- Uni + Gri
- Ctrl Point
- Ang + Acc
- Edit
- Sweep
- Revol
- Special
- Steel
- MAT GR +
- MAT ID +
- CHANGE MAT
- CAST
- CORE
- SANDM
- INSU
- CHILL
- PERMM
- COOL
- USER 1
- USER 2
- INLET
- NECK
- FEEDER
- BOUND
- CUTBOX
- FILTER
- GATING
- INGATE
- PBASIN
- MALLOW

View: 3 MM
 X: 395.950
 Y: -447.537
 Z: -15.644
 Material: 1 / 1
 Sheet: 0
 Angle: 360.000
 Accuracy: 16
 Zoom: OUT
 H1 mode: OFF
 Solids: 0
 MagmaKIP0: magna

preprocessor (v.4.2) waiting for input ...

\$open connection to magmapple ...
 \$Initialize MAGMASOFT/MAGMATng_post ...



MAGMASOFT

project | preprocessor | enmeshment | simulation | postprocessor | database | info | help

MAGMASOFT <2>

mesh generation

mesh generation

- method
- accuracy**
- wall thickness
- element size
- options
- core generation
- mesh for solver 5

accuracy (standard)

x-direction : 3

y-direction : 3

z-direction : 3

accuracy (advanced)

x-direction : 3

y-direction : 3

z-direction : 3

dismiss | calculate | generate | help

```
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAprj ...  
$Connection MAGMASOFT/MAGMAprj closed ...  
$Open connection to `MAGMAprj` ...
```

MAGMASOFT

project

preprocessor

enmeshment

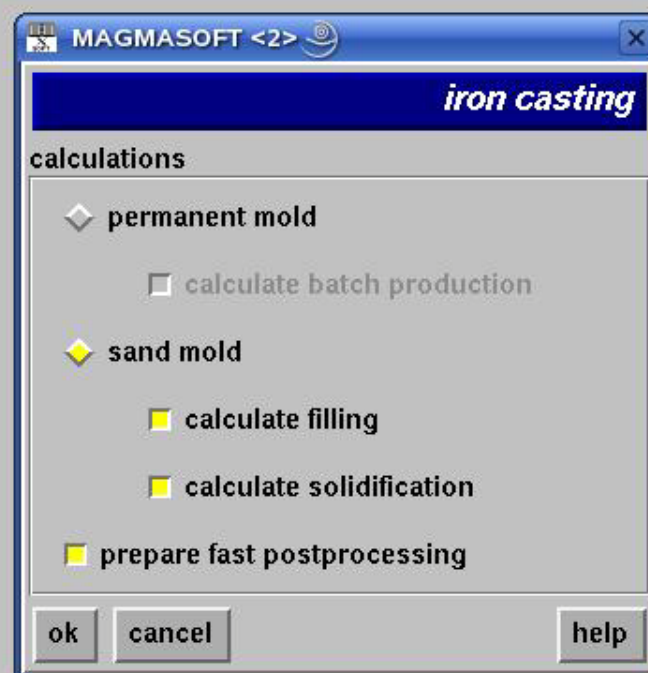
simulation

postprocessor

database

info

help



```
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAprj ...  
$Connection MAGMASOFT/MAGMAprj closed ...  
$Initialize MAGMASOFT/MAGMActrl ...
```

MAGMASOFT

project | preprocessor | enmeshment | simulation | postprocessor | database | info | help

MAGMASOFT <2>

material definitions

selection

material : T-initial : [°C]

database : T-liquidus : [°C]

file name : T-solidus : [°C]

list

[+] material class	database/file name	initial temp
[-] material group - id	database/file name	initial temp
[+] Cast Alloy	project/GGG40MOHRA	1340.00
[+] Sand Mold	magna/FURAN	20.00
[+] Chill	magna/STEEL	20.00

ok | prev | cancel | select data | expand | hide | parameters | help

```
$Initialize MAGMASOFT/MAGMActrl ...
$Connection MAGMASOFT/MAGMActrl closed ...
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAmat ...
```

MAGMASOFT

project | preprocessor | enmeshment | simulation | postprocessor | database | info | help

MAGMASOFT <2>

heat transfer definitions

selection

boundary : Cast Alloy , Sand Mold

database : magma

file name : TempIron group : temperature dependent

list

[+] material class	, material class	database/file name
[-] material group	- id, material group	- id database/file name
[+] Cast Alloy	, Sand Mold	magma/TempIron
[+] Cast Alloy	, Chill	magma/C1000.0
[+] Sand Mold	, Chill	magma/C1000.0

ok | prev | cancel | select data | expand | hide | parameters | help

```
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAmat ...  
$Connection MAGMASOFT/MAGMAmat closed ...  
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAhtc ...
```

MAGMASOFT

project | preprocessor | enmeshment | simulation | postprocessor | database | info | help

MAGMASOFT <2>

options

Pressurize	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	parameters...
Sand Permeability	<input checked="" type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	
Venting	<input checked="" type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	
Ladle	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	parameters...
Plug	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	parameters...
Die Coating	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	parameters...
Shake Out	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	parameters...
Quenching	<input type="checkbox"/> yes	<input checked="" type="checkbox"/> no	parameters...

ok | prev | cancel | reset | help

```
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAhtc ...  
$Connection MAGMASOFT/MAGMAhtc closed ...  
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAoptions ...
```

MAGMASOFT

project preprocessor enmeshment simulation postprocessor database info help

MAGMASOFT <2>

filling definitions

use solver :

filling depends on :

filling time : [s]

fill direction x : []

fill direction y : []

fill direction z : []

filter definitions :

calculate erosion : yes no

storing data :

ok prev cancel help

```
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAoptions ...  
$Saving MAGMASOFT/MAGMAoptions ...  
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAfill ...
```


MAGMASOFT

project | preprocessor | enmeshment | simulation | postprocessor | database | info | help

MAGMASOFT <2>

filling definitions

use solver :

filling depends on :

filling time : [s]

MAGMASOFT <3>

storing data definitions

select result groups data list

time

percent

percent	
0.000	[%]
0.500	[%]
1.000	[%]
1.500	[%]
2.000	[%]
2.500	[%]
3.000	[%]
3.500	[%]
4.000	[%]
4.500	[%]
5.000	[%]

input data

\$I
\$\$
\$INITIALIZE MAGMASOFT / MAGMABUILD ...

MAGMASOFT

project | preprocessor | enmeshment | simulation | postprocessor | database | info | help

MAGMASOFT <2>

solidification definitions

temperature from filling : yes no

use solver :

stop simulation :

stop value : [°C]

calculate feeding : yes no

feeding effectivity : d [%]

criterion temperature #1 : d [°C]

criterion temperature #2 : d [°C]

sand burn : yes no

critical temperature : d [°C]

top off feeders :

storing data :

ok | prev | cancel | help

```
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAfill ...  
$Connection MAGMASOFT/MAGMAfill closed ...  
$Initialize MAGMASOFT/MAGMASolid ...
```

MAGMASOFT

project | preprocessor | enmeshment | simulation | postprocessor | database | info | help

MAGMASOFT <2>

iron casting

inoculation method :	<input type="text" value="good"/>
treatment yield :	<input type="text" value="60.0"/> [%]
mold dilatation :	<input type="text" value="stable mold"/>
graphite precipitation :	<input type="text" value="7"/>
consider water content :	<input type="text" value="no"/>
extended feeding :	<input type="text" value="yes"/>

ok | prev | cancel | help

```
$Initialize MAGMASOFT/MAGMASolid ...  
$Connection MAGMASOFT/MAGMASolid closed ...  
$Initialize MAGMASOFT/MAGMAmicro ...
```

fast postprocessing preparation

result preparation

 filling temperature filling entrapped air filling pressure filling velocity fill criteria (material trace, air entrapment) solidification criteria (fill, solid)

x-ray range, show all above:

 d [°C] fraction liquid

x-ray range, show all above:

 d [%] fraction solid

x-ray range, show all below:

 d [%] stress add on mesh (interpolated) unprepared results only new conversion

conversion preparation

total amount of available memory (in MB)

[MB]

maximum volume size for subtracts

(default is calculated from the available memory)

maximum number of facets per volume

(default is calculated from the available memory)

polygon reduction

help

MAGMASOFT

project

preprocessor

enmeshment

simulation

postprocessor

database

info

help

MAGMASOFT <2>

online job simulation control

percentage

simulation [%]

online curves

temperature [°C]

time [s]

simulation info

dismiss prev start restart stop dump read help

\$initialize MAGMASOFT17/MAGMASOFT17...

MAGMASOFT

preprocessor

enmeshment

simulation

postprocessor

database

info

help

MAGMApost Project: GT13_CASING_Lower_Part Directory: /home/magma/MAGMASoft/ALSTOM/GT13_CASING_Lower_Part/v04/

MAGMApost

Quit

Help

3D-Results

3D-Mesh

C-Curves

Fill Tracer

Solid Tracer

Help on Trace



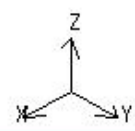
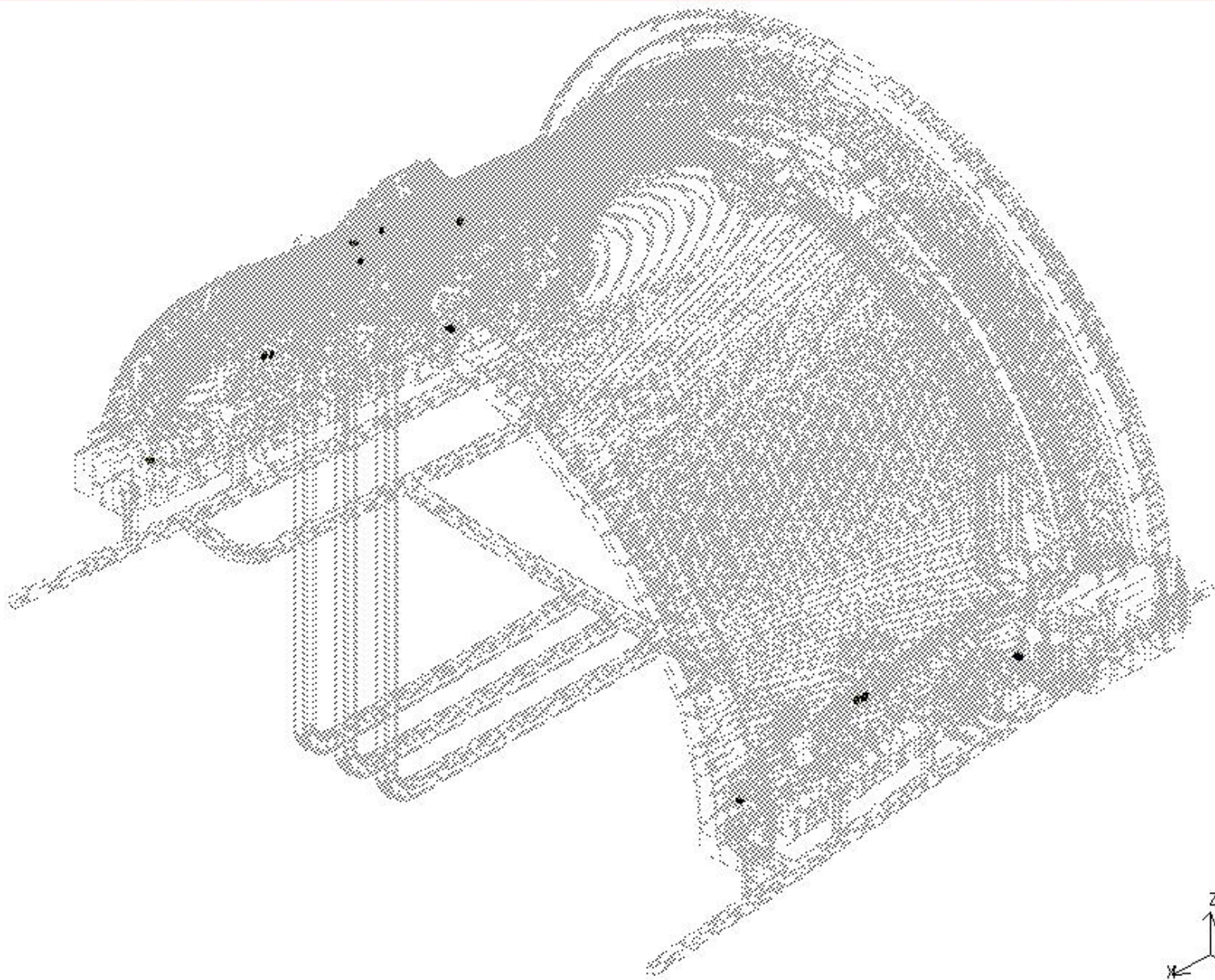
Reading geometry ...
done

Information

Print



- MAGMApost
- Return
- Help
- Settings
- User Scale
- Viewpoint
- Clipping
- Previous
- Same
- Next



Stop

Project: GT13_CASING_Lower_Part
Version: v04
Number of elements: 26760960

Information
■ Connection over edge: Total of 20
■ Blocked cells: Total of 0

Print



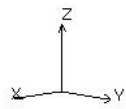
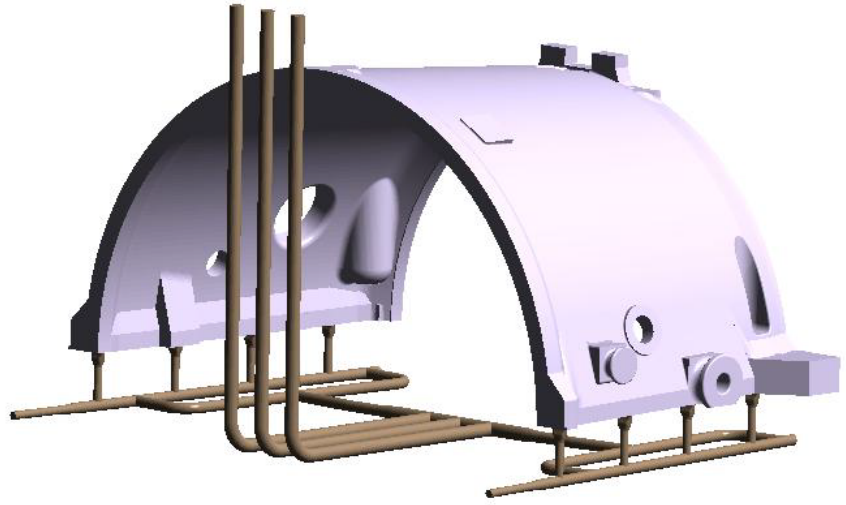
Project View Support

Help



Project: GT13_CASING_Lower_Part Version: v04 Directory: /home/magma/MAGMASoft/ALSTOM/GT13_CASING_Lower_Part/v04

Cast Alloy
GGG40MOHRA
Gating
GGG40MOHRA



Curves	XYZ	Scr	β	Vec	Slice	X-Ray	Vector	Dist	Anim
Material	Scales	Rotate	Images	Views	Light				
Results	X-Ray	Clipping	Animation	Distortion	ProcRot				
Curves	Vector	Slicing	Tracer	Print	Mesh				

[01/01]	Cast Alloy
[03/01]	Sand Mold
[05/01]	Chill
[10/01]	Inlet
[19/01]	Gating

Apply

View Geometry



Curves XYZ
Material S
Results X
Curves V

Project View Support

Help



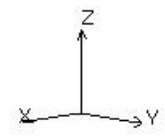
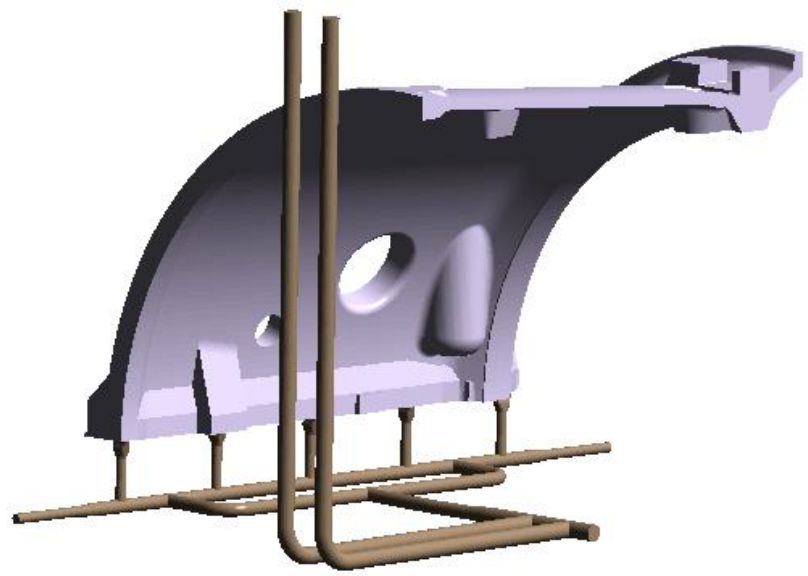
Anim
Light
ProcRot
Mesh

Project: GT13_CASING_Lower_Part Version: v04 Directory: /home/magma/MAGMASoft/ALSTOM/GT13_CASING_Lower_Part/v04

Result :
Group /R
Sw
FI
G
S
ApI

Cast Alloy
GGG40MOHRA
Gating
GGG40MOHRA

-5362
-5362
2501
2791
2791



View Geometry



Curves XYZ Scr B Vec Slice X-Ray Vector Dist Anim

Material Scales Rotate Images Views Light
Results X-Ray Clipping Animation Distortion ProcRot
Curves Vector Slicing Tracer Print Mesh

Curves XYZ Scr B Vec Slice X-Ray Vector Dist Anim

Material Scales Rotate Images Views Light
Results X-Ray Clipping Animation Distortion ProcRot
Curves Vector Slicing Tracer Print Mesh

Curves XYZ Scr B Vec Slice X-Ray Vector Dist Anim

Material Scales Rotate Images Views Light
Results X-Ray Clipping Animation Distortion ProcRot
Curves Vector Slicing Tracer Print Mesh

Options

Resolution : 800x600 Format : jpeg
Directory : result File spec. : number
Match mode: Exact

Printer

Paper size : A4 (210 x 297mm)
Orientation
 Portrait Landscape

File

 Save to File
Save as : jpeg
Filename : picture_001

Apply

Result selection

Group /Results/Solidification/Criteria
Switch to Compact Mode Deselect
Results Name
Pressure GRADIENT
Tempera COOLRATE
Velocity LIQTOSOL
Geometry SOLTIME
Solidification FEEDMOD
Criteria NIYAMA
Fraction_ FEEDING
Tempera POROSITY
Name
Add Result Remove Selected Clear List

Save

Load

Generate

Player

Options

Resolution : 800x600 Format : jpeg
Directory : result File spec. : number
Match mode: Exact

Result selection

Group /Results/Filling/Temperature
Switch to Compact Mode Deselect
Results Name Time
Criteria Fill_Temp_190 94.990s
Criteria Fill_Temp_191 95.490s
Pressure Fill_Temp_192 95.990s
Tempera Fill_Temp_193 96.490s
Velocity Fill_Temp_194 96.990s
Geometry Fill_Temp_195 97.490s
Solidification Fill_Temp_196 97.990s
Criteria Fill_Temp_197 100.000s
Name Time Percent Cast only
Fill_Temp_001 0.492s 0.49% no
Fill_Temp_002 0.992s 0.99% no
Fill_Temp_003 1.491s 1.49% no
Fill_Temp_004 1.992s 1.99% no
Add Result Remove Selected Clear List

Save

Load

Generate

Player

Curves	XYZ	Scr	β	Vec	Slice	X-Ray	Vector	Dist	Anim	
Material	Scales	Rotate	Images		Views		Light			
Results	X-Ray	Clipping	Animation		Distortion		ProcRot			
Curves	Vector	Slicing	Tracer		Print		Mesh			

Display mode:

- geometry
- mesh
 - no grid lines
 - show characteristic grid lines
 - show grid lines

Results can be displayed on mesh:

```
[03/01] Sand Mold
[05/01] Chill
```