

# JMatPro铝合金模块 功能介绍

中仿科技  
施翀 Joy  
2011年12月

# 3. 铸造强度计算

铝合金铸造性能：作为铸造铝合金所表现出来的机械性能

随着汽车工业及其它交通工具的发展，铸造铝合金在结构件、机械零件等方面代替钢的趋势日渐明显，这对铝合金的使用性能有了更高的要求。

对铸造铝合金的机械性能的研究变得日益重要

# 理论基础

计算铝铸件的机械性质基于铸件的显微结构，计算步骤分为3步：

①凝固计算，通过Scheil-Gulliver 模型得到相组成以及各种热物性质

②计算屈服强度

屈服强度计算考虑固溶强化和金属间相沉淀强化

固溶强化（Al相）：
$$\sigma_s = \sigma_0 + k_{den} \lambda^{-0.5} \quad (\text{Hall-Petch公式})$$

固溶强化（共晶相）：
$$\sigma_{eut} = (f_{Al}\sigma_{Al} + f_{Me}\sigma_{Me})/f_{eut} + k_{eut}\lambda^{-0.5}$$

金属间相沉淀硬化：
$$\sigma_{ppt} = 0.84M\left(\frac{1.2Gb}{2\pi L}\right)\ln\frac{r}{b} \quad (\text{Ashby-Oroman公式})$$

总屈服强度：
$$\sigma_y = f_p\sigma_p + \sum_i f_i\sigma_i + \sigma_{ppt}$$

③根据屈服强度计算出其他机械性质

$$\sigma = B\varepsilon^m$$
 应力-应变转化（塑性变形区域）

$$\sigma_t = \sigma_y(40)^m(1-m)\left(\frac{12.5m}{1-m}\right)^m$$
 抗张强度和屈服强度的转化

$$Hv = C\sigma_y(40)^m$$
 硬度和屈服强度的转化

# 参数设置界面

File Material Types Options Utilities Help

wt °C Show properties

	Wt %
Al	92.37
Bi	0.0
Ca	0.0
Co	0.0
Cr	0.0
Cu	0.01
Fe	0.2
La	0.0
Li	0.0
Mg	0.3
Mn	0.02
Mo	0.0
Ni	0.0
Pb	0.0
Sc	0.0
Si	7.0
Sn	0.0
Sr	0.0
Ti	0.0
V	0.0

**Aluminium Alloy**

Solidification calculation

**Temperatures (C)**

Start:

Step:

**Solidification cut-off**

Fraction liquid (Wt)

**Phases**

Take all solid phases into account

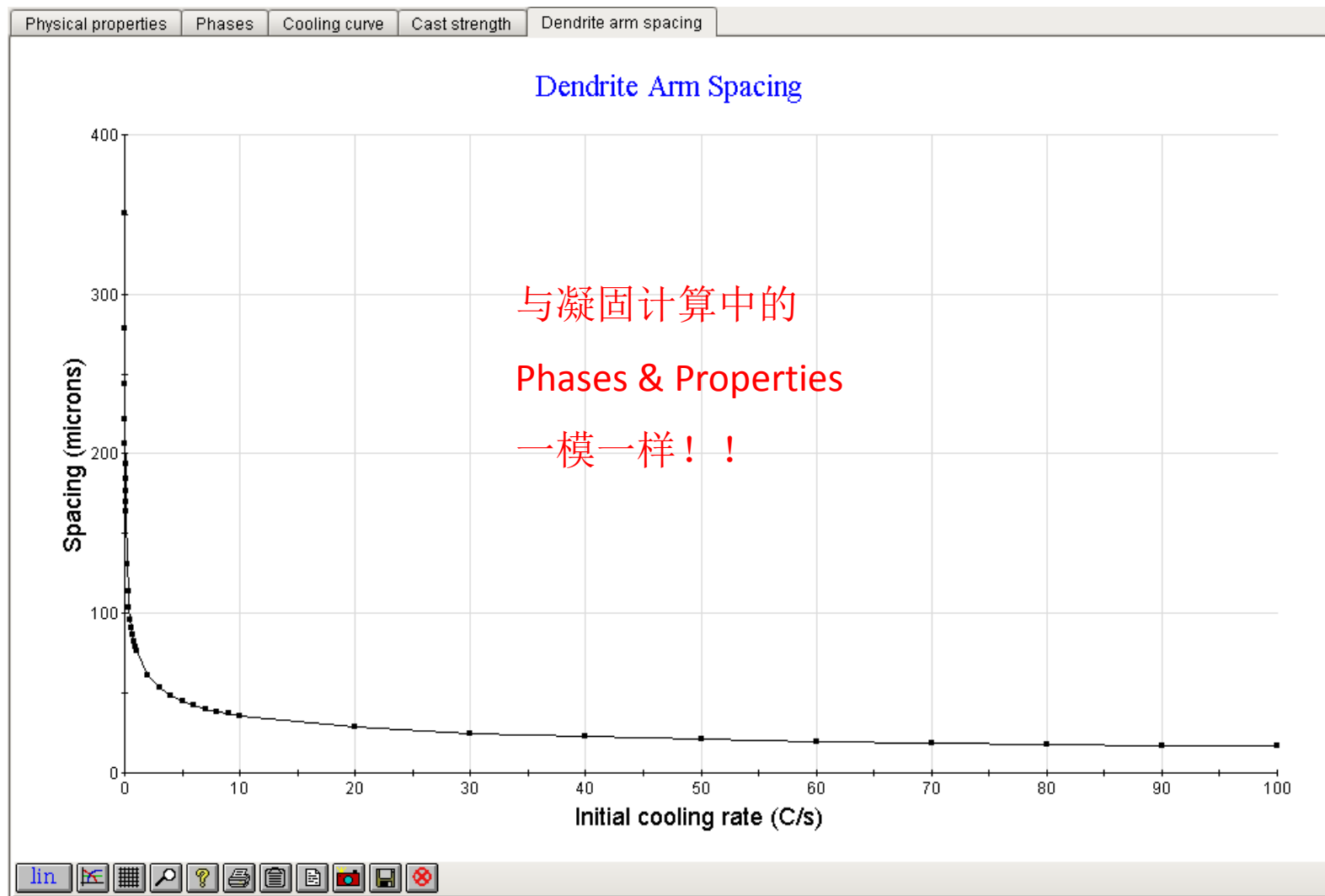
Include Gas

**Extended calculation**

Calculate strength and dendrite arm spacing

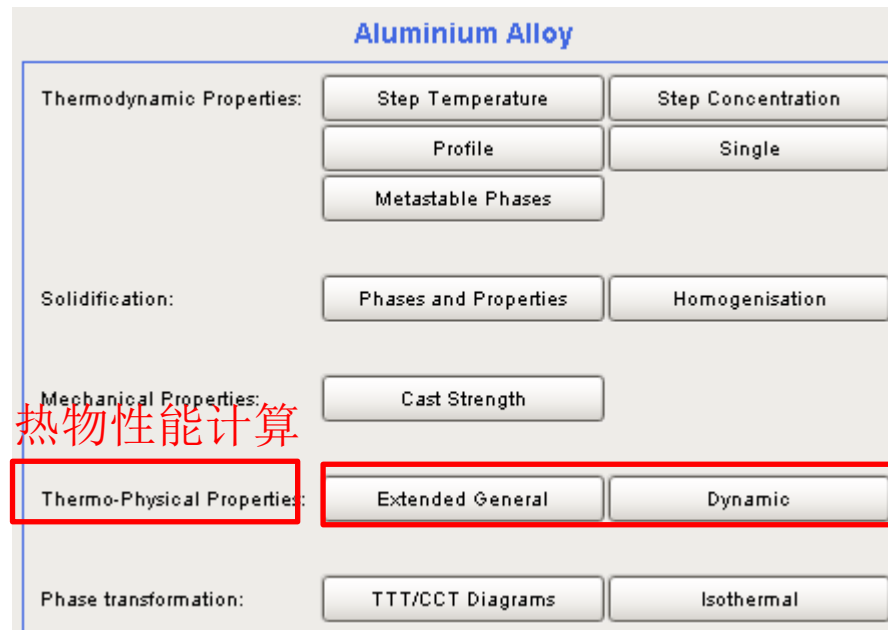
与凝固计算中的  
Phases & Properties  
一模一样！！

## 计算结果



# 4. 热物性能计算

热物性能：与温度相关的物理性能（Density、Molar volume、Average expansion coeff.、Linear expansion、Young's modulus、Specific heat...）



## 理论基础

根据热力学原理，计算平衡条件下的相组成

$$G_m = \sum_i x_i G_i^0 + RT \sum_i x_i \log_e x_i + G^{ex}$$

材料性能计算：

- ① 相组成计算
- ② 基于每一相的合金成分计算该相的相关性能

$$P = \sum_i x_i P_i^0 + \sum_i \sum_{j>i} x_i x_j \left( \sum_v \Omega_{ij}^v (x_i - x_j)^v \right)$$

- ③ 根据材料的相组成及每个相的性能利用混合定律计算出材料的整体性能

$$P_t = x_\alpha P_\alpha + x_\beta P_\beta + P_{III} F_s$$

# 热物性能计算——1.Dynamic

参数设置界面

File Material Types Options Utilities Help

wt °C Show properties

	Wt %
Al	83.7
Bi	0.0
Ca	0.0
Co	0.0
Cr	0.0
Cu	0.95
Fe	0.75
La	0.0
Li	0.0
Mg	1.16
Mn	0.2
Mo	0.0
Ni	0.99
Pb	0.0
Sc	0.0
Si	11.9
Sn	0.0
Sr	0.0
Ti	0.02
V	0.0
Zn	0.33
Zr	0.0
B	0.0
C	0.0
H	0.0

Reset

**Aluminium Alloy**

Temperature Step Calculation

Temperatures (°C)

Start:  End:  Step:

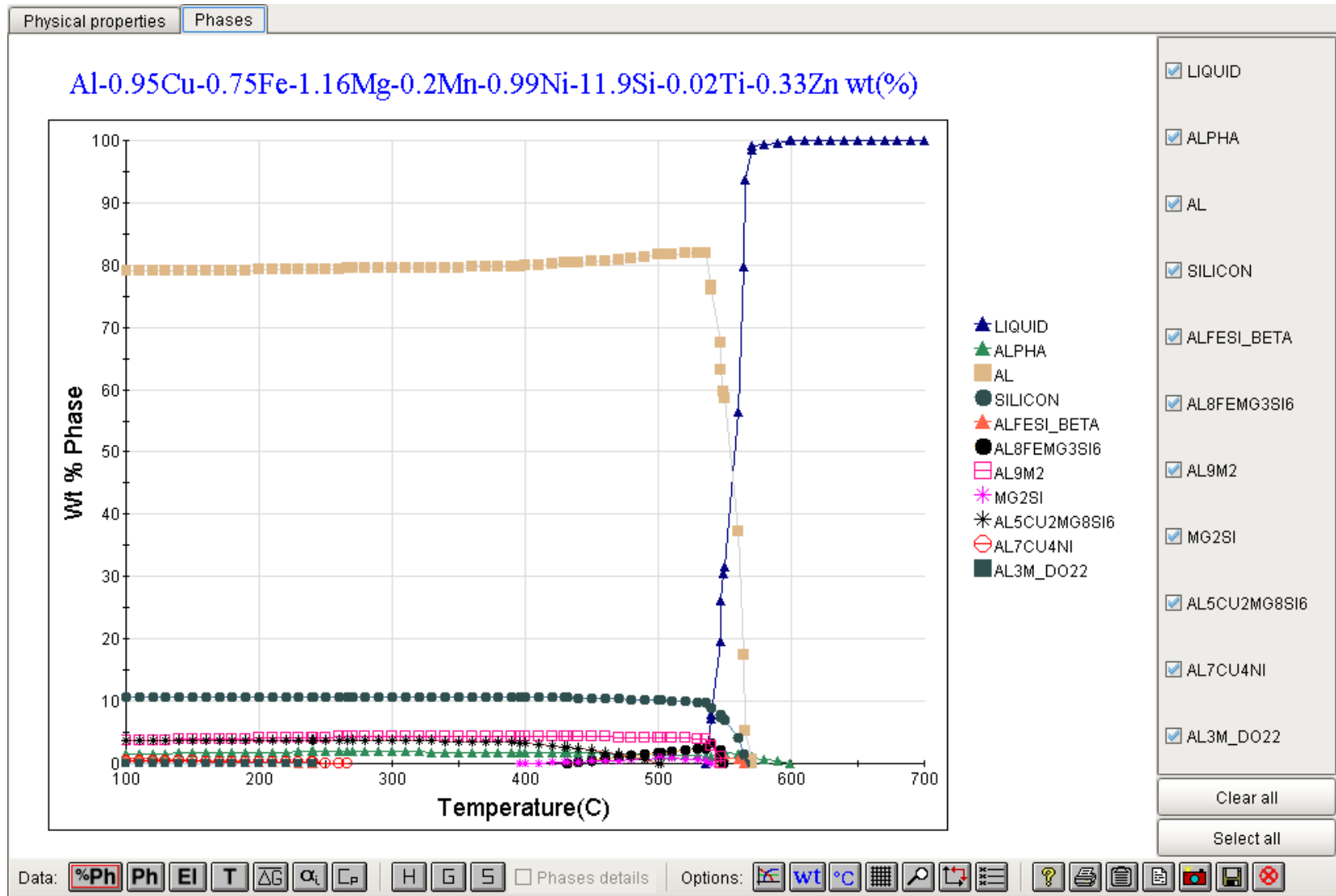
Phases

Take all phases into account

热力学计算



# 结果



# 热物性能计算——2.Extended General

参数设置界面

	wt %
Al	100.0
Bi	0.0
Ca	0.0
Co	0.0
Cr	0.0
Cu	0.0
Fe	0.0
La	0.0
Li	0.0
Mg	0.0
Mn	0.0
Mo	0.0
Ni	0.0
Pb	0.0
Sc	0.0
Si	0.0
Sn	0.0
Sr	0.0
Ti	0.0
V	0.0
Zn	0.0
Zr	0.0
B	0.0
C	0.0
H	0.0

**Aluminium Alloy**

Thermo-Physical and Physical Properties

Temperatures (C)

Heat treatment: 400

Upper limit: 700

Step: 10

Phases

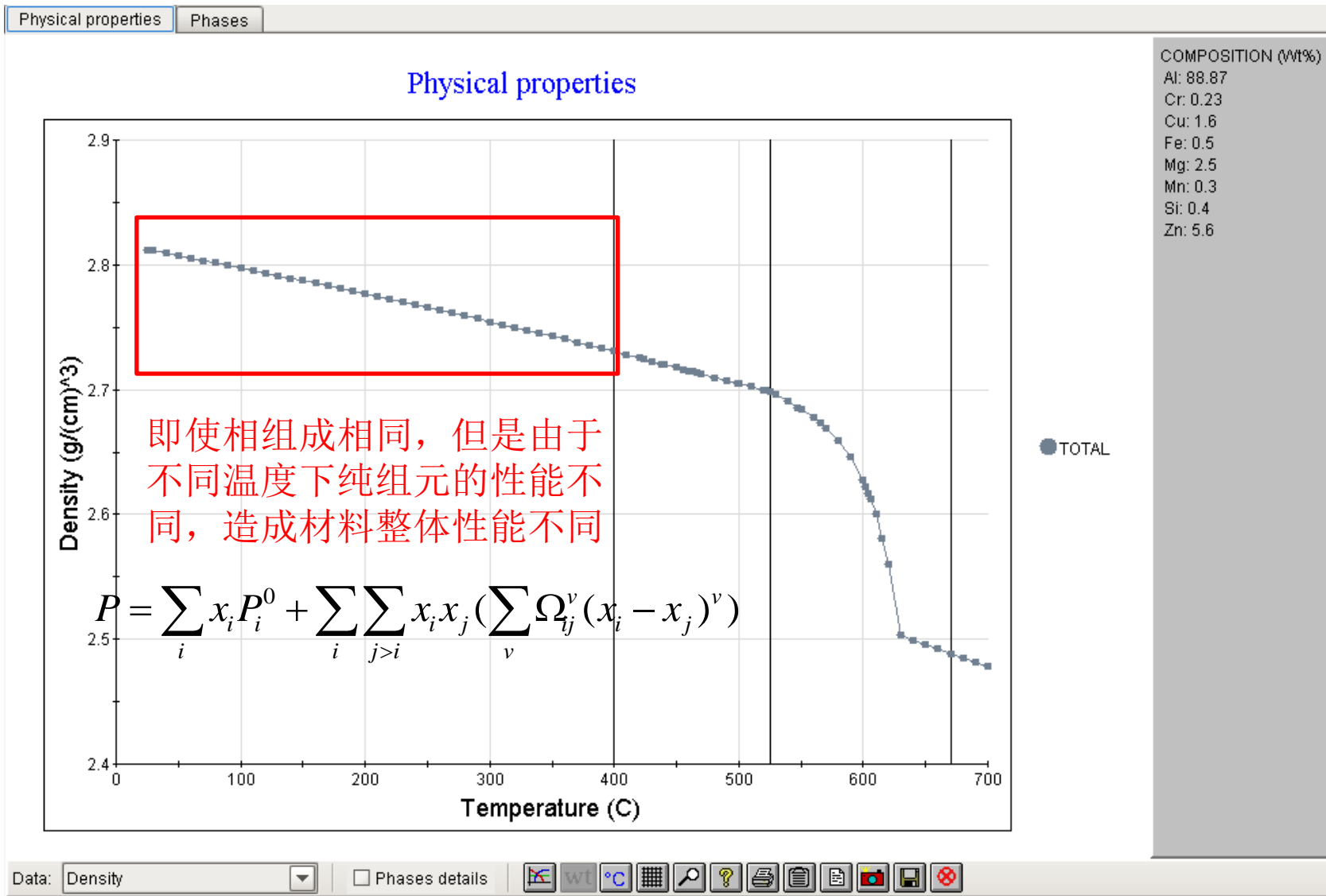
Take all phases into account

Start calculation Help

Reset

**Heat treatment:** 在此温度以下的相组成都与该温度时的相组成相同

**Upper limit:** 设置最高温度，对于高于Heat treatment温度的温度下的相组成通过热力学计算

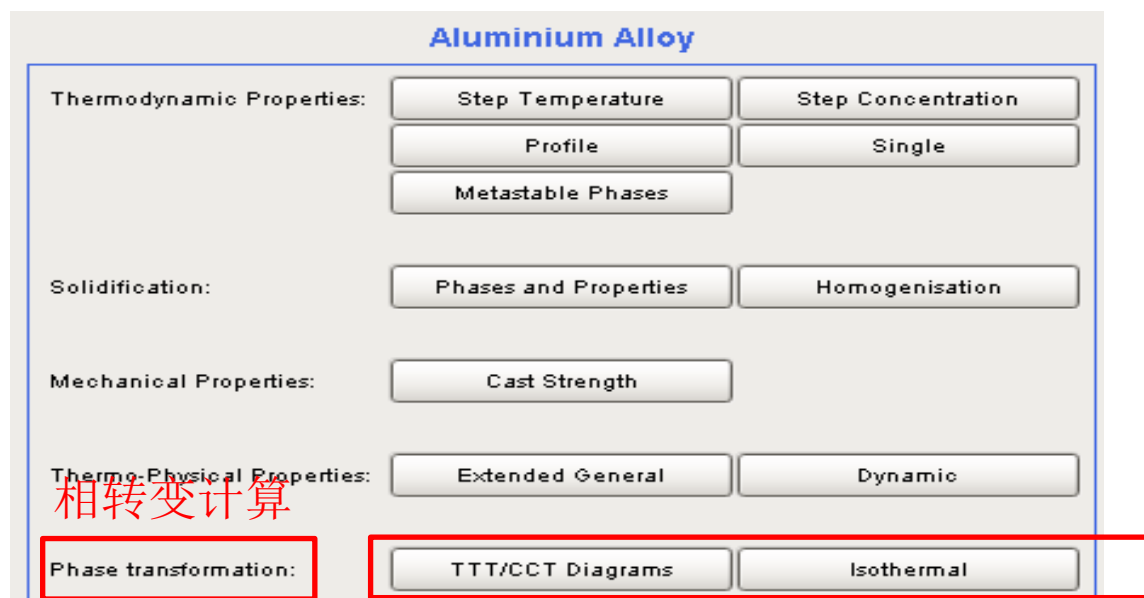


# 5. 相转变计算

热力学计算&动力学计算

热力学计算：驱动力和沉淀相的成分

动力学计算：Johnson-Mehl-Avrami模型



① TTT/CCT图绘制

② 等温时效

# 相转变计算——1.TTT/CCT图绘制

## 背景知识

**TTT图：**反映合金在进行热处理时按照等温冷却的方式冷却，转变产物类型以及转变量与时间，温度之间的关系曲线

**CCT图：**反映合金在进行热处理时按照连续冷却的方式冷却，转变产物类型以及转变量与冷却速度的关系曲线

## 理论基础

Kirkaldy&co-workers:

$$\tau(x, T) = \frac{1}{\beta 2^{N/8} D_{eff} \Delta T^q} \int_0^x \frac{dx}{x^{2(1-x)/3} (1-x)^{2x/3}}$$
$$\frac{1}{D_{eff}} = e\left(\frac{Q_{eff}}{RT}\right) \sum_{j=1}^m n_j C_j$$

# 参数设置界面

选择是否  
绘制TTT图  
和CCT图

	Wt %
Al	88.87
Si	0.0
Ca	0.0
Co	0.0
Cr	0.23
Cu	1.6
Fe	0.5
La	0.0
Li	0.0
Mg	2.5
Mn	0.3
Mo	0.0
Ni	0.0
Pb	0.0
Sc	0.0
Si	0.4
Sn	0.0
Sr	0.0
Ti	0.0
V	0.0
Zn	5.6
Zr	0.0
B	0.0
C	0.0
H	0.0

7075

**Aluminium Alloy**  
TTT additional parameters

Calculation type

TTT       CCT

Start temperature (C)

User choice:

Amount transformed

Percent:

TTT phases

<input checked="" type="checkbox"/> AL2CU	<input checked="" type="checkbox"/> S_AL2CUMG
<input checked="" type="checkbox"/> MGZN2	<input checked="" type="checkbox"/> T_ALCUMGZN
<input checked="" type="checkbox"/> MG2SI	<input checked="" type="checkbox"/> THETA_PRIME
<input checked="" type="checkbox"/> S_PRIME	<input checked="" type="checkbox"/> ETA_PRIME
<input checked="" type="checkbox"/> T_PRIME	<input checked="" type="checkbox"/> BETA_PRIME
<input checked="" type="checkbox"/> B_PRIME	<input checked="" type="checkbox"/> BETA"
<input checked="" type="checkbox"/> AL3M_L12	<input checked="" type="checkbox"/> ALLI
<input checked="" type="checkbox"/> TB_ALCULI	<input checked="" type="checkbox"/> T1_ALCULI
<input checked="" type="checkbox"/> T2_ALCULI	<input checked="" type="checkbox"/> TAU_ALLIMG
<input checked="" type="checkbox"/> GP	

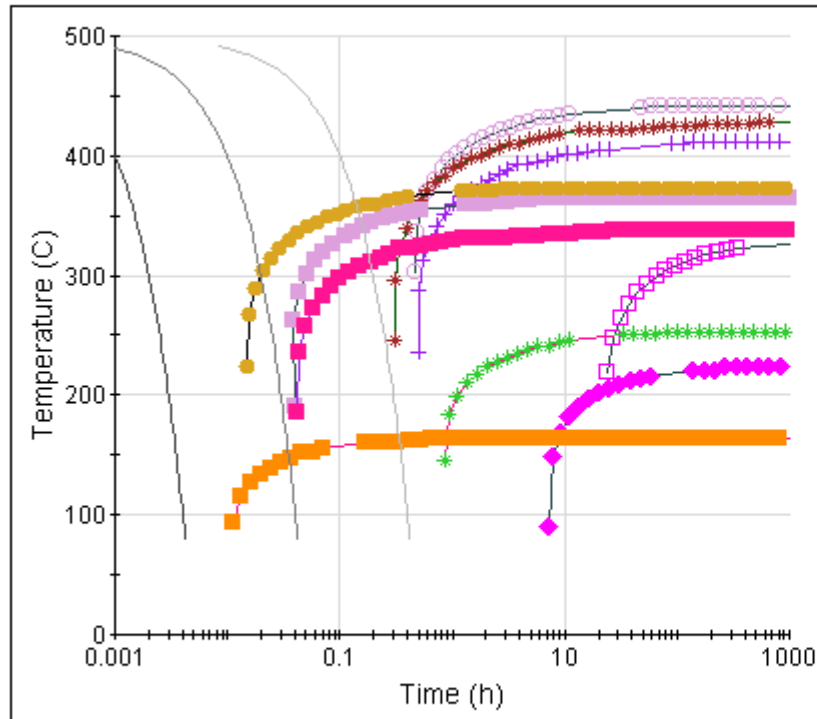
设置转变量

选择需要在  
TTT图中出现  
的相

有Al相存在的温度

# 结果

## CCT Aluminium Alloy



- AL2CU(0.5%)
- S\_AL2CUMG(0.5%)
- \* MGZN2(0.5%)
- + T\_ALCUMGZN(0.5%)
- ◆ THETA\_PRIME(0.5%)
- S\_PRIME(0.5%)
- ETA\_PRIME(0.5%)
- T\_PRIME(0.5%)
- \* T1\_ALCULI(0.5%)
- GP(0.5%)
- 1000000.0 C/h
- - - 100000.0 C/h
- ... 10000.0 C/h
- · - 1000.0 C/h

COMPOSITION (wt%)	
Al:	88.87
Cr:	0.23
Cu:	1.6
Fe:	0.5
Mg:	2.5
Mn:	0.3
Si:	0.4
Zn:	5.6
TRANSITIONS: (C)	
ALLI:	not present
AL2CU:	353.9
TB_ALCULI:	not present
ETA_PRIME:	381.4
T1_ALCULI:	262.0
BETA_PRIME:	336.8
T_PRIME:	345.3
MGZN2:	437.3
MG2SI:	500.0
GP:	175.0
TAU_ALLIMG:	not present
B_PRIME:	326.3
THETA_PRIME:	246.3
T2_ALCULI:	not present
T_ALCUMGZN:	420.0
BETA":	336.1
S_AL2CUMG:	454.9
AL3M_L12:	not present



## 相转变计算——2.Isothermal（等温时效）

等温时效：将淬火后的铝合金在一定温度下保温一定时间，过饱和固溶体发生分解（称为脱溶），引起铝合金强度和硬度的大幅度提高

	Wt %
Al	88.87
Bi	0.0
Ca	0.0
Co	0.0
Cr	0.23
Cu	1.6
Fe	0.5
La	0.0
Li	0.0
Mg	2.5
Mn	0.3
Mo	0.0
Ni	0.0
Pb	0.0
Sc	0.0
Si	0.4
Sn	0.0
Sr	0.0
Ti	0.0
V	0.0
Zn	5.6
Zr	0.0
B	0.0
C	0.0
H	0.0

**Aluminium Alloy**  
Isothermal

Quench temperature  
Temp. (C)

Holding temperature  
Temp. (C)

Phases

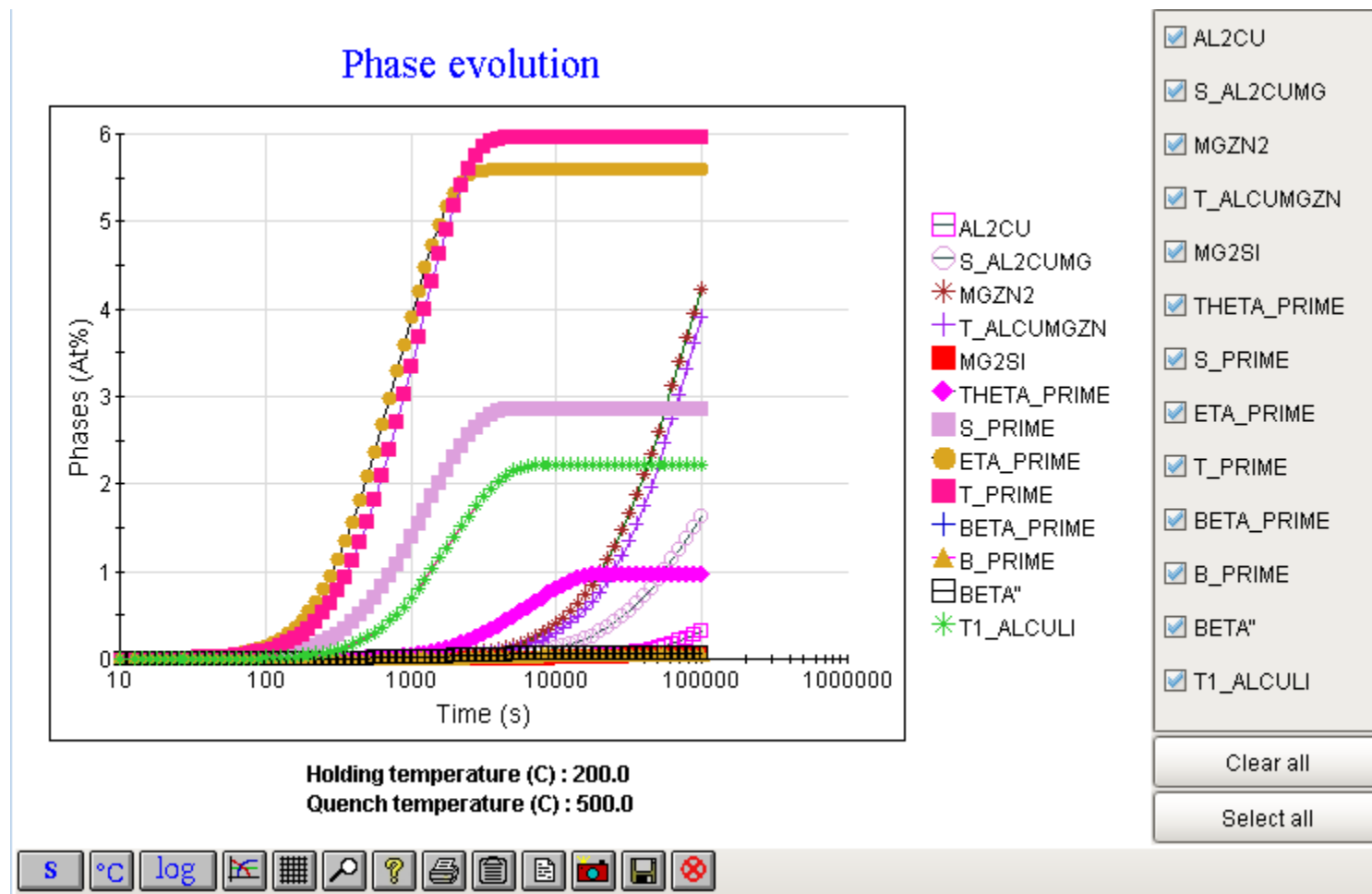
<input checked="" type="checkbox"/> AL2CU	<input checked="" type="checkbox"/> S_AL2CUMG
<input checked="" type="checkbox"/> MGZN2	<input checked="" type="checkbox"/> T_ALCUMGZN
<input checked="" type="checkbox"/> MG2SI	<input checked="" type="checkbox"/> THETA_PRIME
<input checked="" type="checkbox"/> S_PRIME	<input checked="" type="checkbox"/> ETA_PRIME
<input checked="" type="checkbox"/> T_PRIME	<input checked="" type="checkbox"/> BETA_PRIME
<input checked="" type="checkbox"/> B_PRIME	<input checked="" type="checkbox"/> BETA"
<input checked="" type="checkbox"/> AL3M_L12	<input checked="" type="checkbox"/> ALLI
<input checked="" type="checkbox"/> TB_ALCULI	<input checked="" type="checkbox"/> T1_ALCULI
<input checked="" type="checkbox"/> T2_ALCULI	<input checked="" type="checkbox"/> TAU_ALLIMG
<input checked="" type="checkbox"/> GP	

Select All    Clear All

设置淬火温度和时效温度



# 结果



# 更多资源请关注

中仿科技年会专栏:

<http://conference.cntech.com.cn>

中仿科技网络研讨会:

<http://webinar.cntech.com.cn>

中仿科技公开培训:

<http://training.cntech.com.cn>

中仿科技市场活动报名:

<http://seminar.cntech.com.cn>

中仿科技资源下载中心:

<http://down.cntech.com.cn>

中仿社区:

<http://i.cntech.com.cn>

中国视频教程网:

<http://www.cax.cn>

中国仿真互动:

<http://www.simwe.com>