



JMatPro 一般鋼の計算内容と事例

V12.0

株式会社ユーイーエス・ソフトウェア・アジア

2020.9.18

一般鋼の対応成分と計算項目

JMatPro the materials property simulation software.

File Material Types Options Utilities Help

WT °C

	WT %
Fe	100.0
Al	0.0
Cr	0.0
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	0.0
Mo	0.0
Nb	0.0
Ni	0.0
O	0.0
Si	0.0
Ta	0.0
Ti	0.0
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.0
N	0.0
P	0.0
S	0.0

Reset

General Steel

Calculations Export

Thermodynamic Properties: ☐ Step Temperature Step Concentration
Profile Single
Isoleth

Solidification: ☐ Phases and Properties

Thermo-Physical Properties: ☐ Extended General Dynamic
Stacking Fault Energy Magnetic Permeability

Mechanical Properties: ☐ Hardenability High Temperature Strength
Flow Stress Analysis Processing Map
Flow Stress per Phase Solidification Flow Stress
Fatigue Related Tempered Hardness

Phase transformation: ☐ Advanced TTT Advanced CCT
Quick TTT/CCT diagrams Quench Properties
Welding Cycle Martensite
Energy Changes Simultaneous Precipitation
Reaustenitisation Properties TTA Diagram
Transformation Plasticity TTP of ALN, MN, M(C,N)
Multi-Pass Hot Rolling Tempering Properties
Isothermal AIN, MN, M(C,N)

Others: ☐ Carburisation C Diffusion in Weld

計算内容

	JMatPro 一般鋼 V12	計算内容
平衡状態図	平衡状態図 Step Temperature	入力された成分組成での平衡状態図計算
Thermodynamic Properties	等値曲線図 Isopleth	成分組成のうち特定な元素濃度を变化させた平衡状態図計算
凝固物性値	凝固物性値 Phases and Properties	逆拡散を考慮した Scheil-Gulliverによる凝固熱物性値を計算
Solidification		TTTに基づく固相での相変態も計算
熱物性値	熱物性値 Extend General	指定された熱処理温度で相分率を固定し物性値を計算
Thermo-Physical Properties	熱物性値 Dynamic	熱処理温度までは、平衡状態で計算
	積層欠陥エネルギー Stacking Fault Energy	平衡状態計算での物性値を計算
	透磁率 Magnetic Permeability	積層欠陥エネルギーを計算
機械的物性値	Hardenability	温度/透磁率、温度固定の磁場/透磁率の計算
Mechanical Properties	高温強度 High Temp. Strength	Jominy硬度和Grossman硬度の計算
	応力-ひずみ曲線 Stress - Strain curve	温度、ひずみ速度依存の0.2%耐力を計算。
	成形限界線図 (Forming limit diagram)	計算された0.2% 耐力から、指定温度の耐力-ひずみ曲線を計算
	流動応力 Flow stress	計算された0.2% 耐力から、指定温度の成形限界曲線を計算
	相毎流動応力 Flow stress per Phase	温度、ひずみ速度依存の流動応力を計算。
	凝固流動応力 Solidification Flow Stress	温度、ひずみ速度依存、相毎の流動応力を計算
	熱間加工マップ Processing Map	温度、ひずみ速度依存、相毎の凝固流動応力を計算
	疲労強度計算パラメータ Fatigue Related	熱間鍛造の加工条件と形成される微細組織変化を示すマップを計算
	焼き戻し硬度 Tempered Hardness	疲労強度パラメータを計算
	強度/硬度変換 Strength and Hardness conversion	焼き戻し温度、時間を指定して、焼き戻しマルテンサイトの強度と硬さを計算
相変態	TTT/CCT曲線 Advanced TTT/CCT	0.2%耐力、引張応力、硬度から他のものへの変換計算
Phase transformation	TTT/CCT曲線 Quick TTT/CCT	各相の相互作用を考慮したTTT/CCTを計算
	焼入れ Quench properties	TTT/CCTを計算
	溶接 welding cycle	焼入れ後の物性値を計算。冷却速度は、均一と可変を考慮できる。
	マルテンサイト Martensite	溶接の昇温、冷却による物性値を計算。
	エネルギー変化 Energy Changes	マルテンサイト変態温度及びひずみ誘起マルテンサイト限界温度の計算
	析出 Simultaneous Precipitation	オーステナイトから各相へのギブスエネルギー変化を計算
	再オーステナイト化 Reaustenitisation Properties	溶体化後、焼き戻した場合の炭化物、金属間化合物の析出を計算
	オーステナイト化線図 TTA	再オーステナイト化による物性値計算
	変態塑性係数 Transformation Plasticity	オーステナイト化線図(TTA)を計算
	析出温度-時間曲線 TTP of ALN, MN,M(C,N)	変態塑性係数を計算
	熱間圧延 Mulyi-Pass Hot Rolling	ALN, MN,M(C,N)の析出温度-時間曲線(TTP)を計算
	焼き戻し物性値 tempering Properties	TTPによるM(C,N)の析出を考慮したマルチパス熱間圧延による、再結晶率、粒径、応力-ひずみ変化を計算
	等温変態 Isothermal AIN, MN,M(C,N)	焼き戻し温度、時間を指定して、焼き戻しによる物性値を計算
その他	浸炭 Carburisation	AIN, MN,M(C,N)の等温変態による時効析出物量を計算
Others	溶接による炭素拡散 C Diffusion in Weld	浸炭による炭素濃度分布を計算
データ出力	凝固解析 Casting Data Export	溶接による炭素の拡散計算
Data export	鍛造解析 Forming Data Export	ProCAST, MAGMA, JSCAST, ADSTEFAN, AnyCasting, Thercast, Flow3D, Novacast, LVMFlow
	汎用 Multi-Purpose Data Export	FORGE, DEFORM, Q form
	熱処理 Heat treat Data Export	Simufact
	溶接 Welding Data Export	DEFORM-HT, Sysweld, Q form, Heat Treatment Data
		Sysweld, LS-DYNA QWM

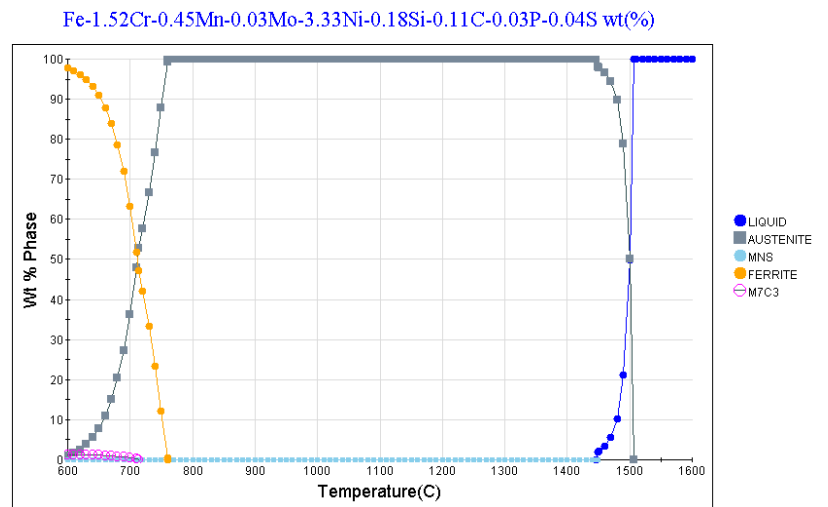
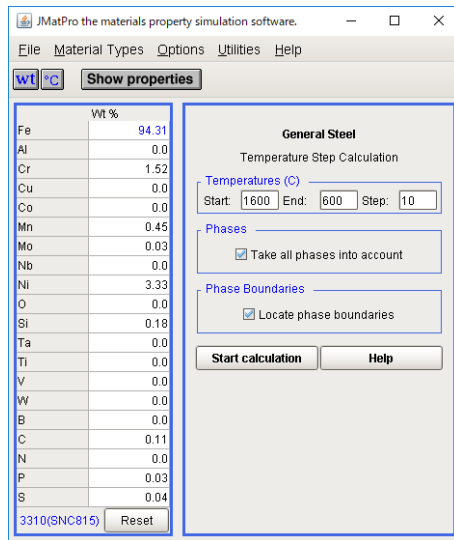
※ 計算される熱物性値

相%、密度*、モル体積*、線膨張率、平均線膨張率、熱伝導率*、電気抵抗率、電気伝導率、ヤング係数*、体積弾性率*、せん断弾性係数*、ポアソン比*、液体粘性、トータル粘性、表面張力、降伏応力*、引張り応力*、硬度*、エンタルピー*、比熱*、潜熱*、相毎にも出力

1. 平衡状態図 (Thermodynamic Properties)

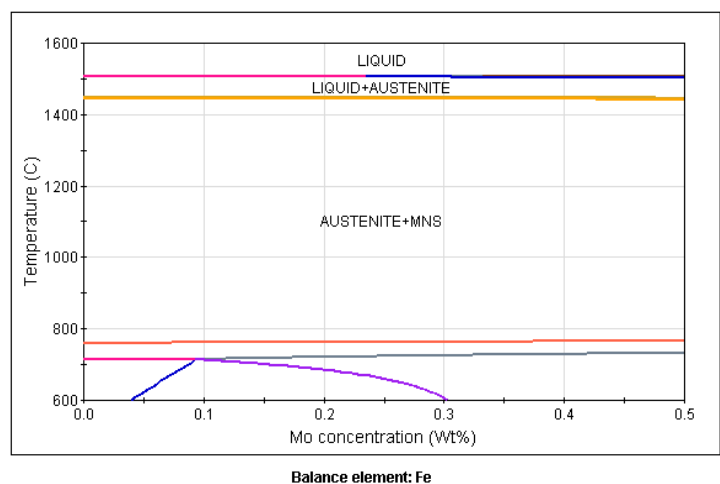
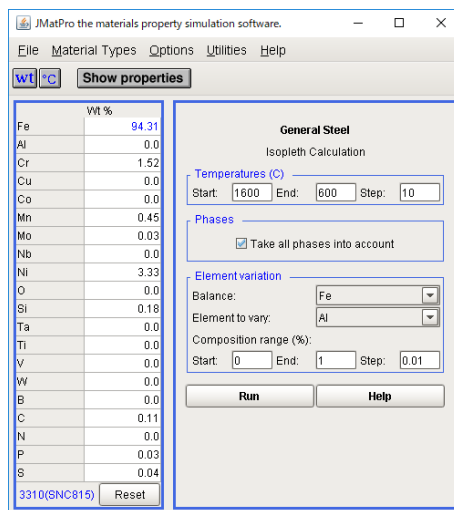
① Step Temperature

平衡状態での状態図を計算します。



② Isopleth

入力された成分組成で特定な元素濃度を变化させた場合の状態図を計算します。



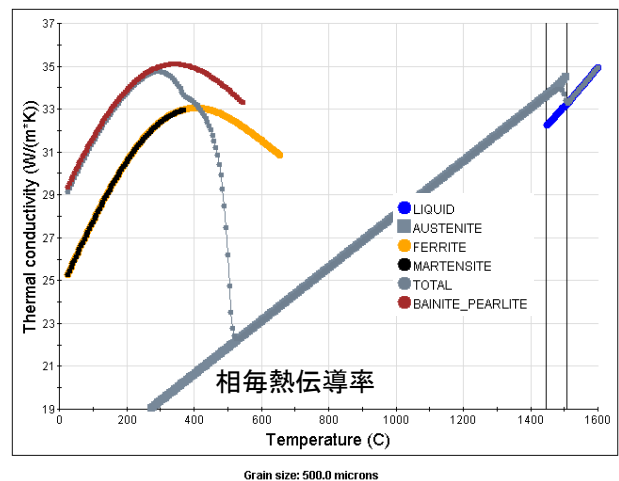
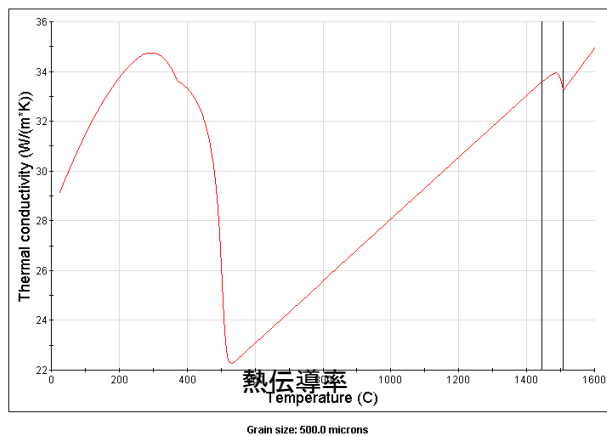
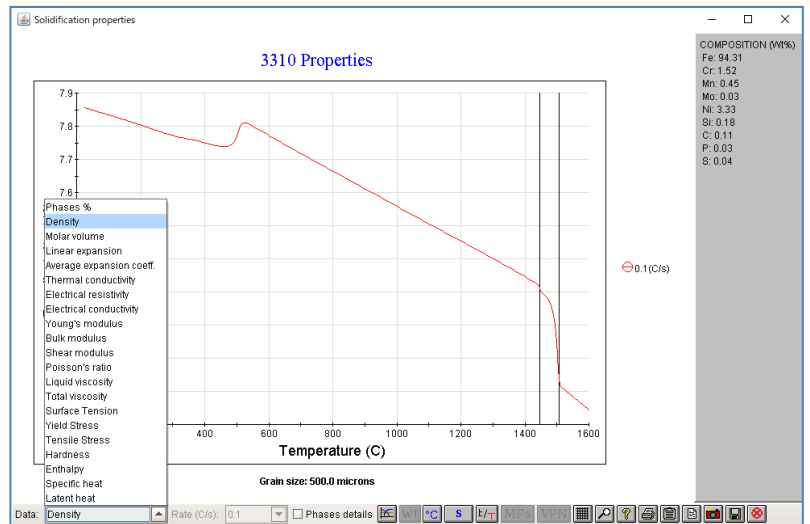
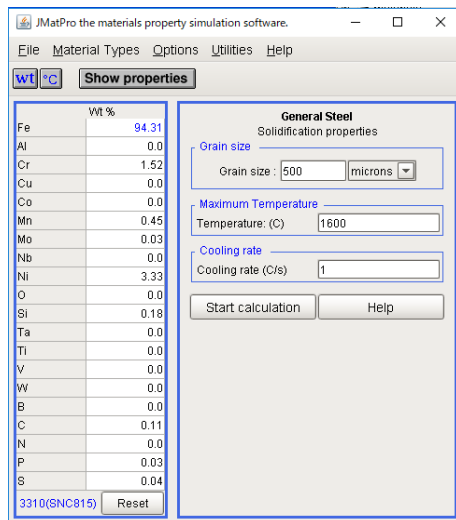
Mo を 0.0~0.5 まで変化させた場合の状態図

2. 凝固 (Solidification)

① Solidification properties

下記の凝固物性値の計算をします。オプションで Back Diffusion を考慮でき、冷却速度の指定ができます。

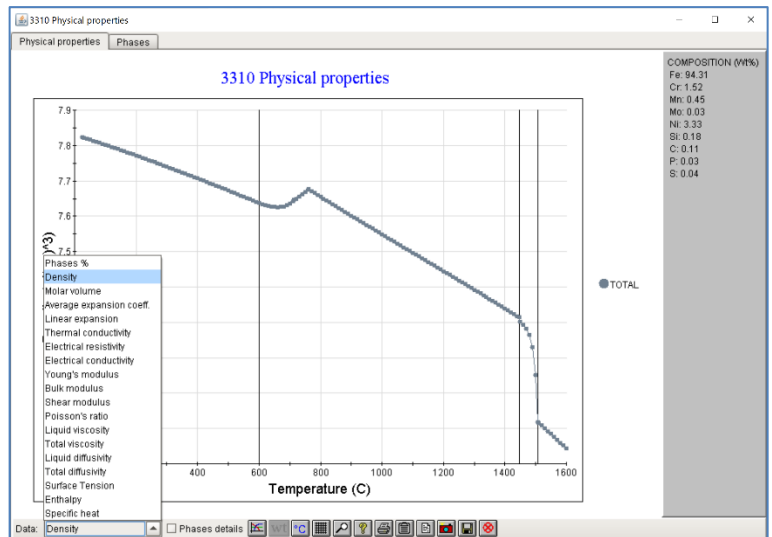
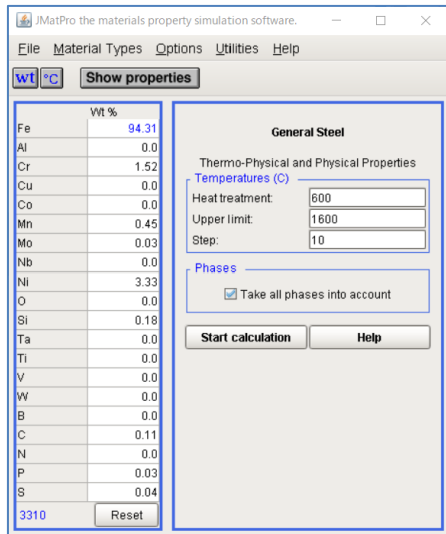
相%、密度*、モル体積*、線膨張率、平均線膨張率、熱伝導率*、電気抵抗率、電気伝導率、ヤング係数*、
体積弾性率*、せん断弾性係数*、ポアソン比*、液体粘性、トータル粘性、表面張力、降伏応力*、
引張り応力*、硬度*、エンタルピー*、比熱*、潜熱
*：相毎にも出力



3. 熱物性 (Thermo-Physical Properties)

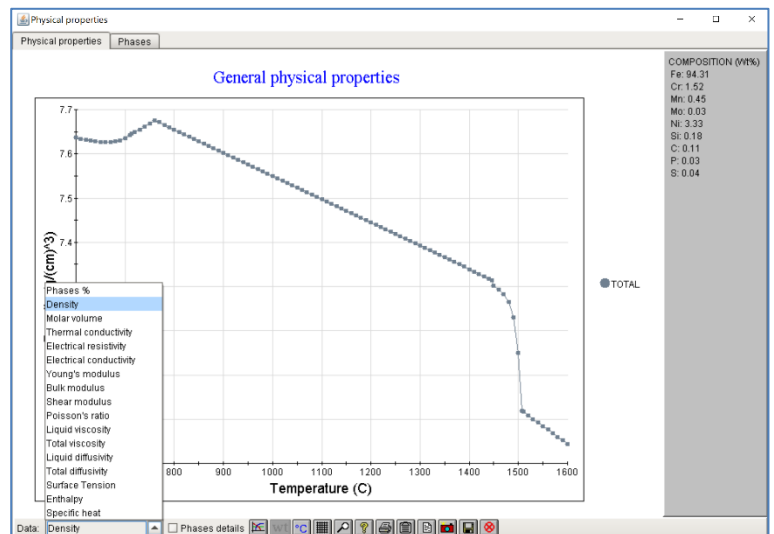
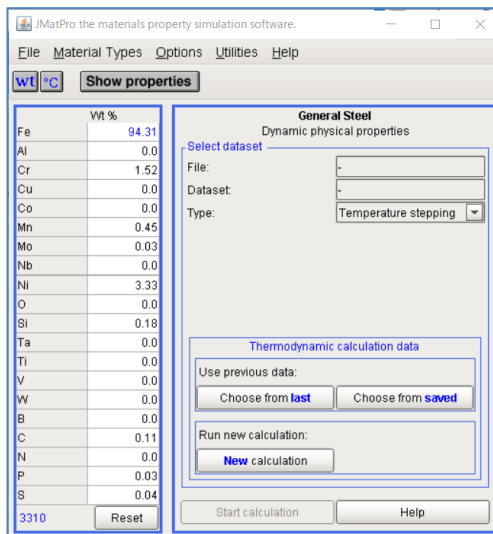
① Extend General

指定された熱処理温度で相分率を固定し物性値の計算を行います。熱処理温度までは平衡状態で相分率を計算しています。

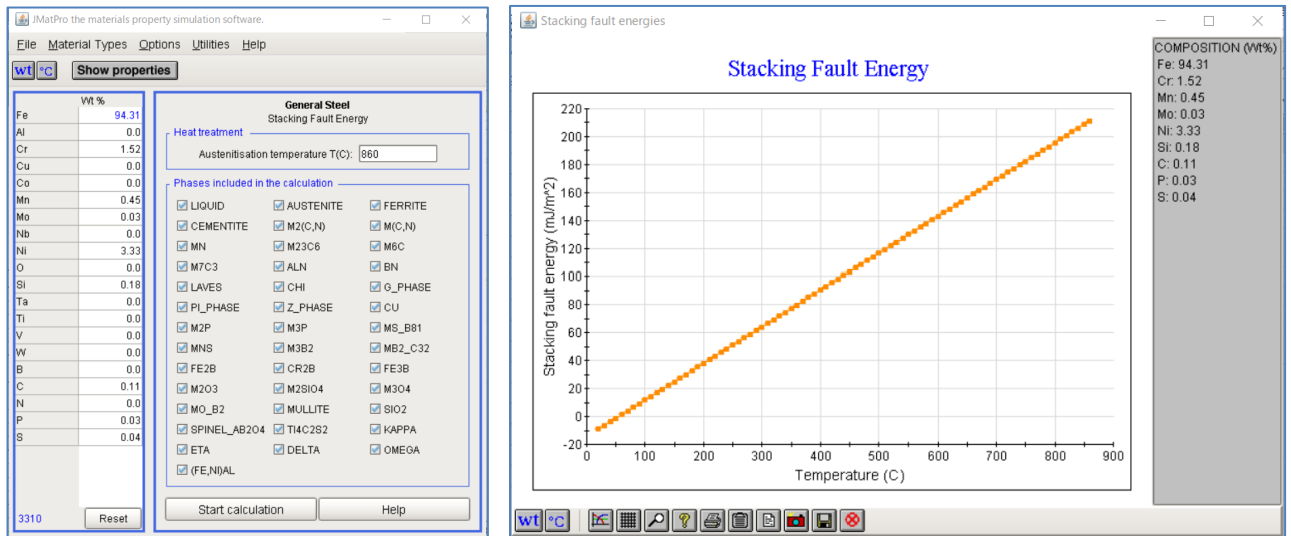


② Dynamic

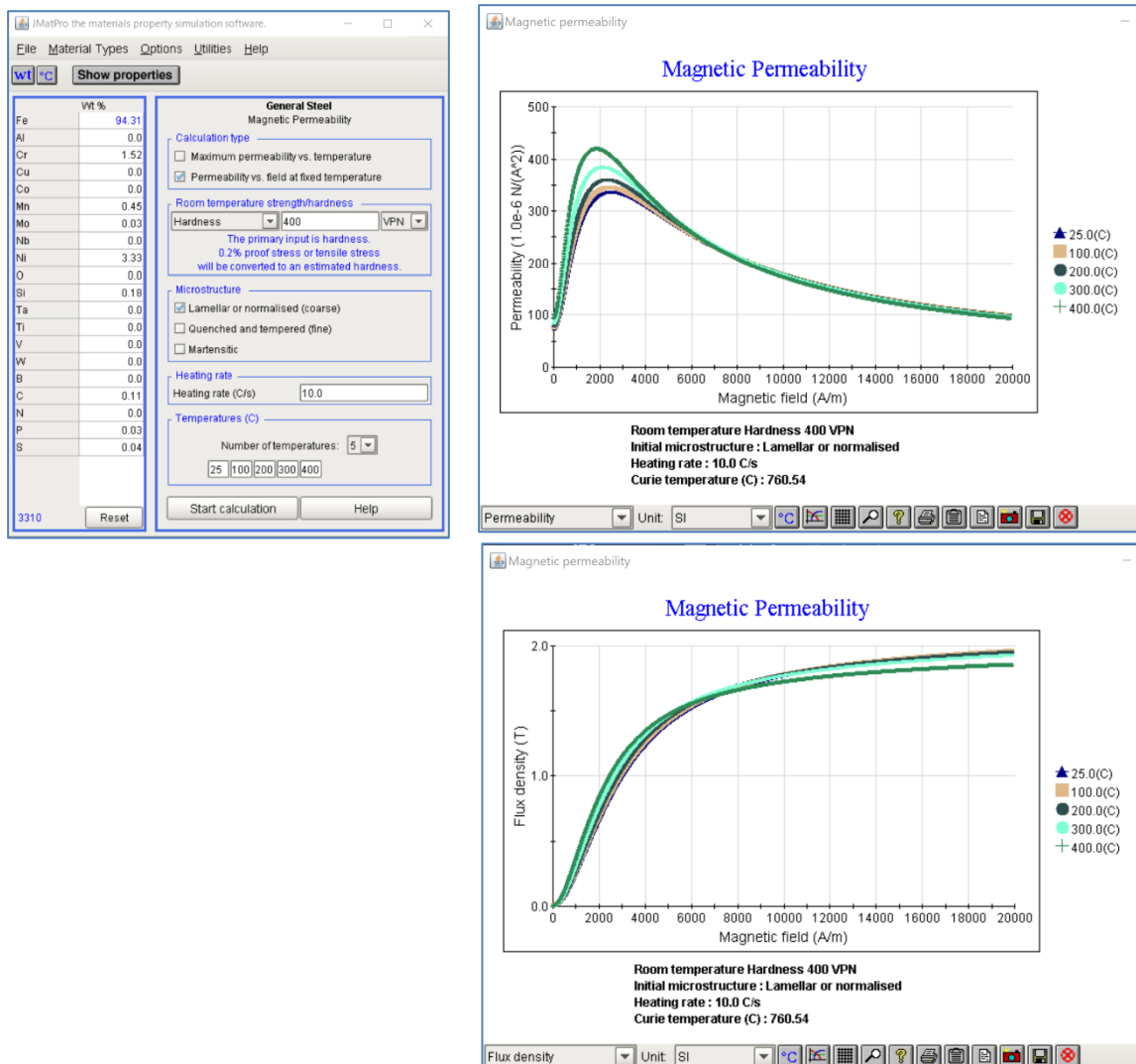
平衡状態計算での物性値を計算します。

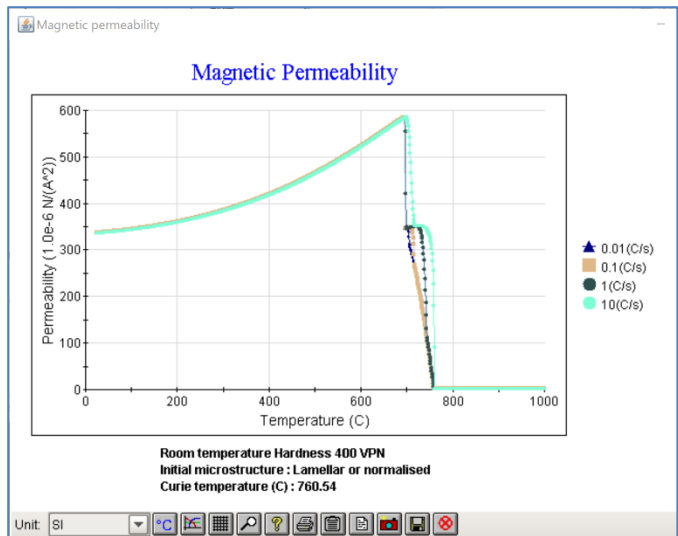
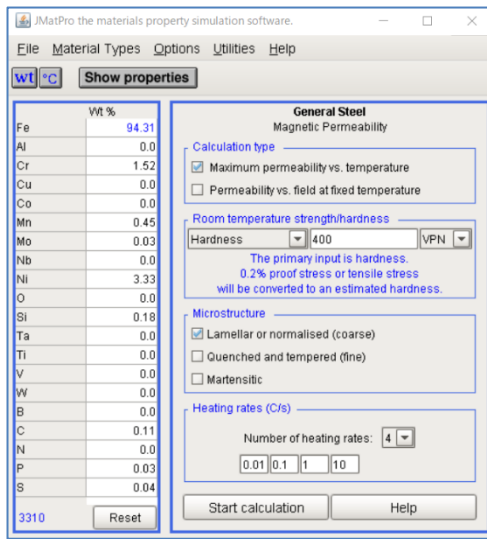


③ Stacking Fault Energy 積層欠陥エネルギーを計算



④ Magnetic Permeability 透磁率の計算

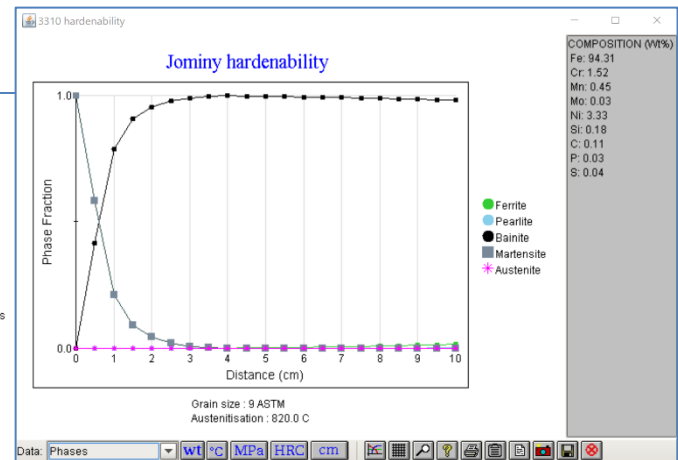
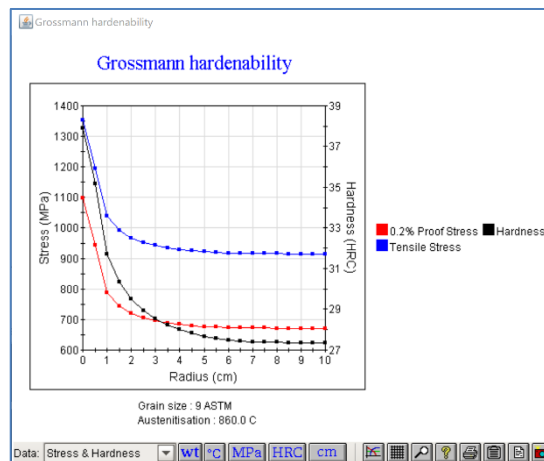
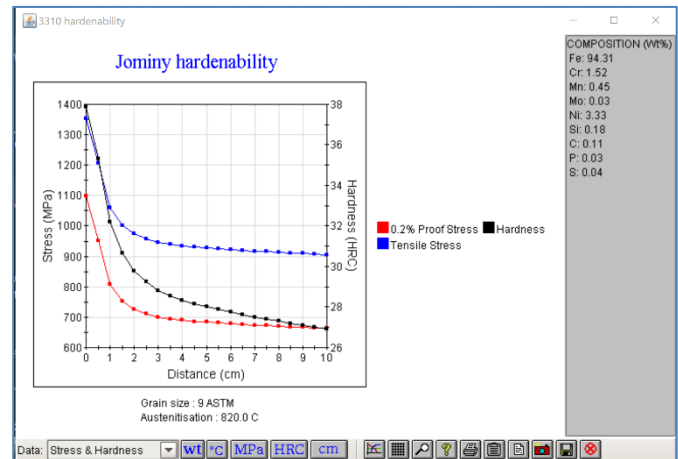
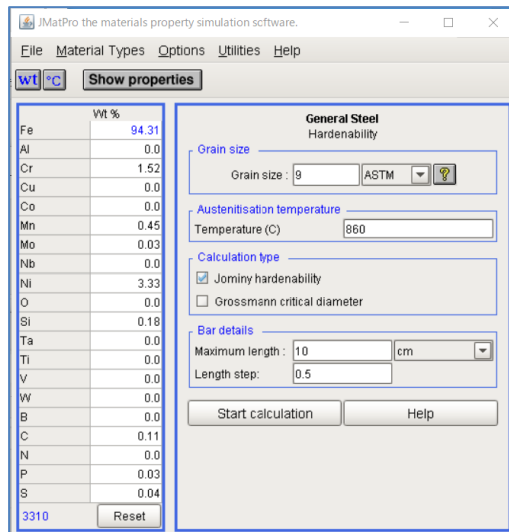




4. 機械物性 (Mechanical Properties)

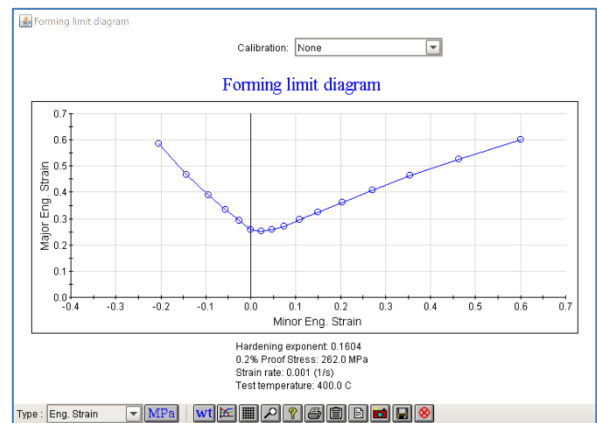
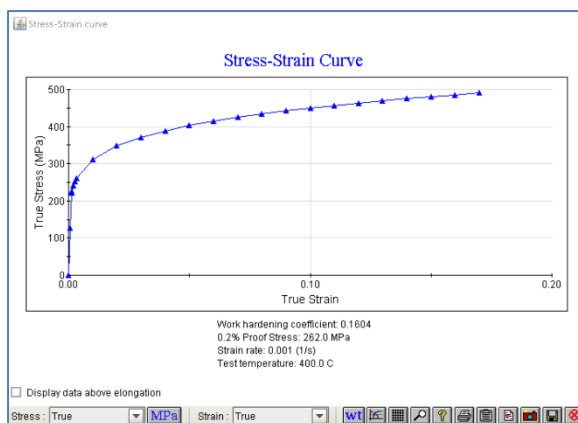
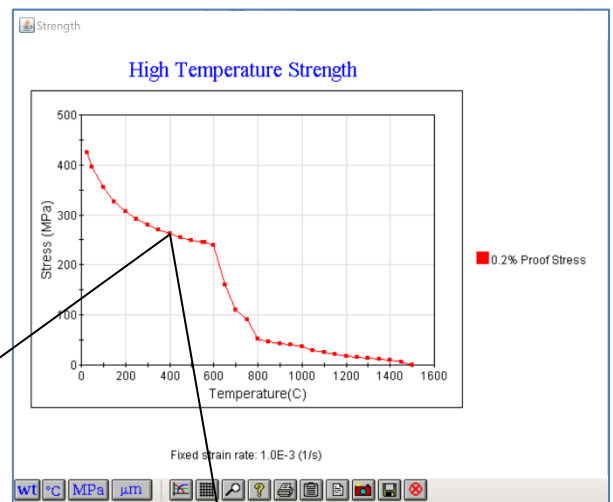
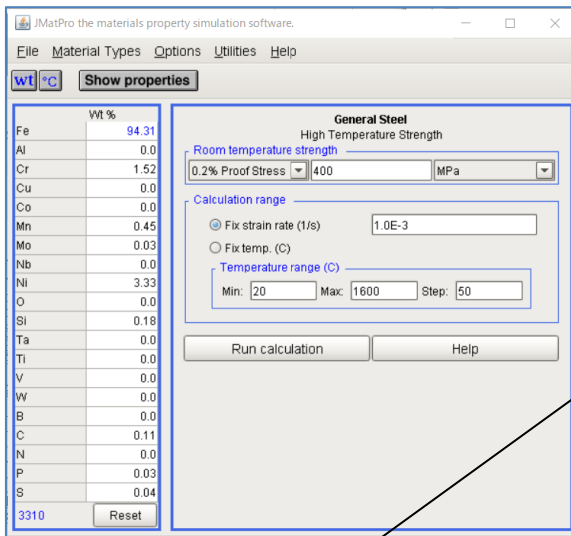
① Hardenability

Jominy 硬度と Grossman 硬度の計算



② High Temperature Strength

室温強度を入力して、温度、ひずみ速度依存の 0.2%耐力を計算。さらに、計算された 0.2%耐力から S-S 曲線と FLD を計算

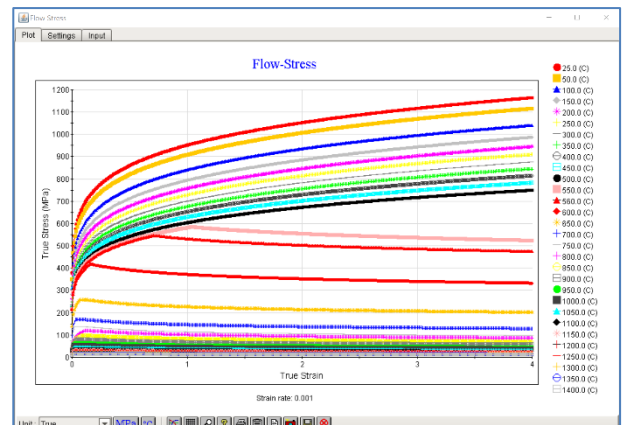
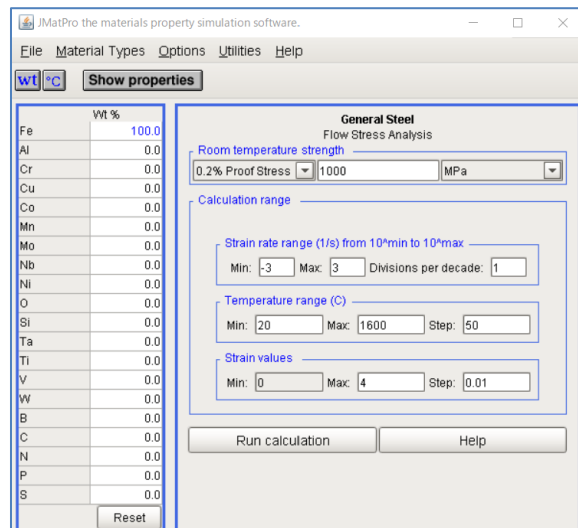


③ Flow Stress

温度、ひずみ速度依存の流動応力を計算。

Flow Stress

室温強度を与えて、温度、ひずみ依存の流動応力を計算。



Flow Stress per Phase

オーステナイト化粒径と冷却速度を与えて、温度、ひずみ依存の相毎の流動応力を計算。

JMatPro the materials property simulation software.

File Material Types Options Utilities Help

wt % Show properties

wt %	wt %
Fe	94.31
Al	0.0
Cr	1.52
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	0.45
Mo	0.03
Nb	0.0
Ni	3.33
O	0.0
Si	0.18
Ta	0.0
Ti	0.0
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.11
N	0.0
P	0.03
S	0.04

3310 Reset

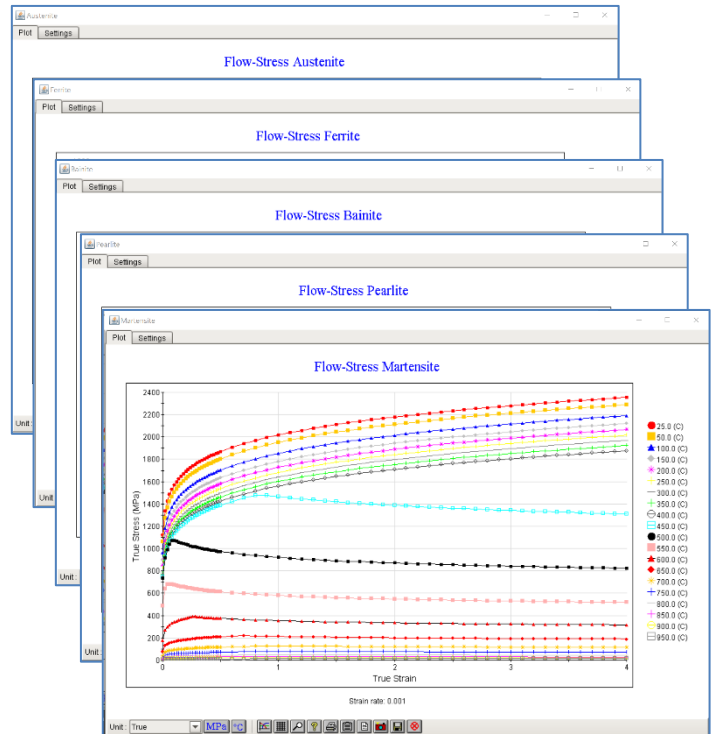
General Steel
Flow Stress per Phase

Grain size: 9 ASTM

Austenitisation temperature (C): 960
User choice: 960

Effective cooling rate (for strength calc.):
☒ Automatic (based on TTT)
☐ Cooling rate (C/s)
☐ 18/5 (s)

Start calculation Help



Flow Stress per Phase

溶解温度、粒径と冷却速度を与えて、温度、ひずみ依存の相毎の流動応力を計算。

JMatPro the materials property simulation software.

File Material Types Options Utilities Help

wt % Show properties

wt %	wt %
Fe	94.31
Al	0.0
Cr	1.52
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	0.45
Mo	0.03
Nb	0.0
Ni	3.33
O	0.0
Si	0.18
Ta	0.0
Ti	0.0
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.11
N	0.0
P	0.03
S	0.04

3310 Reset

General Steel
Solidification Flow Stress

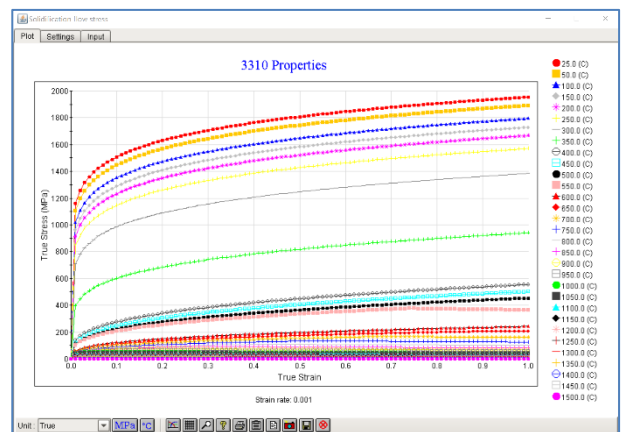
Grain size: 500 microns

Maximum Temperature: 1600
Temperature: (C)

Cooling rate: 1
Cooling rate (C/s)

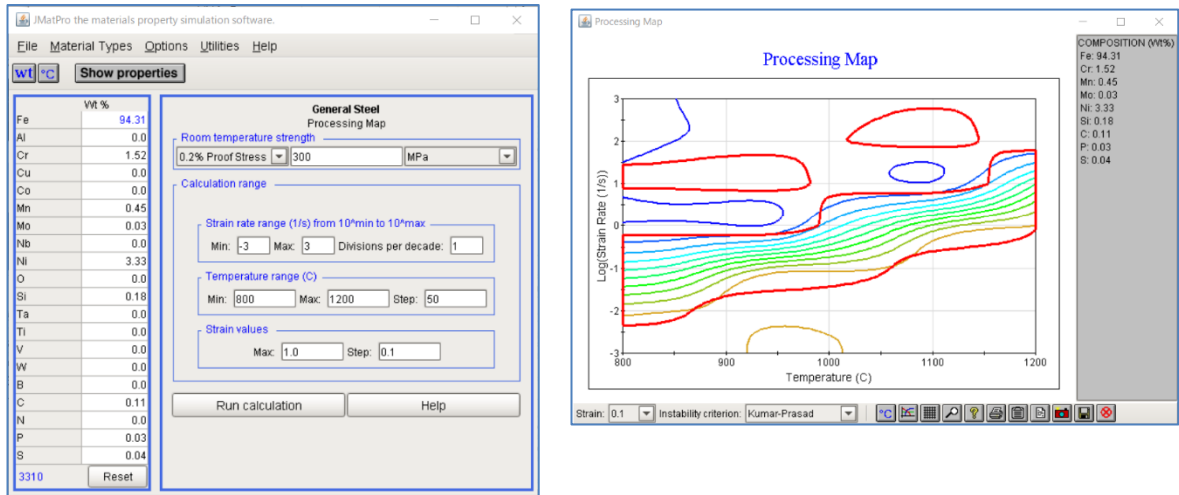
Calculation range:
 Strain rate range (1/s) from 10⁻³ min to 10³ max
 Min: -3 Max: 0 Divisions per decade: 1
 Strain values:
 Min: 0 Max: 1 Step: 0.01

Start calculation Help



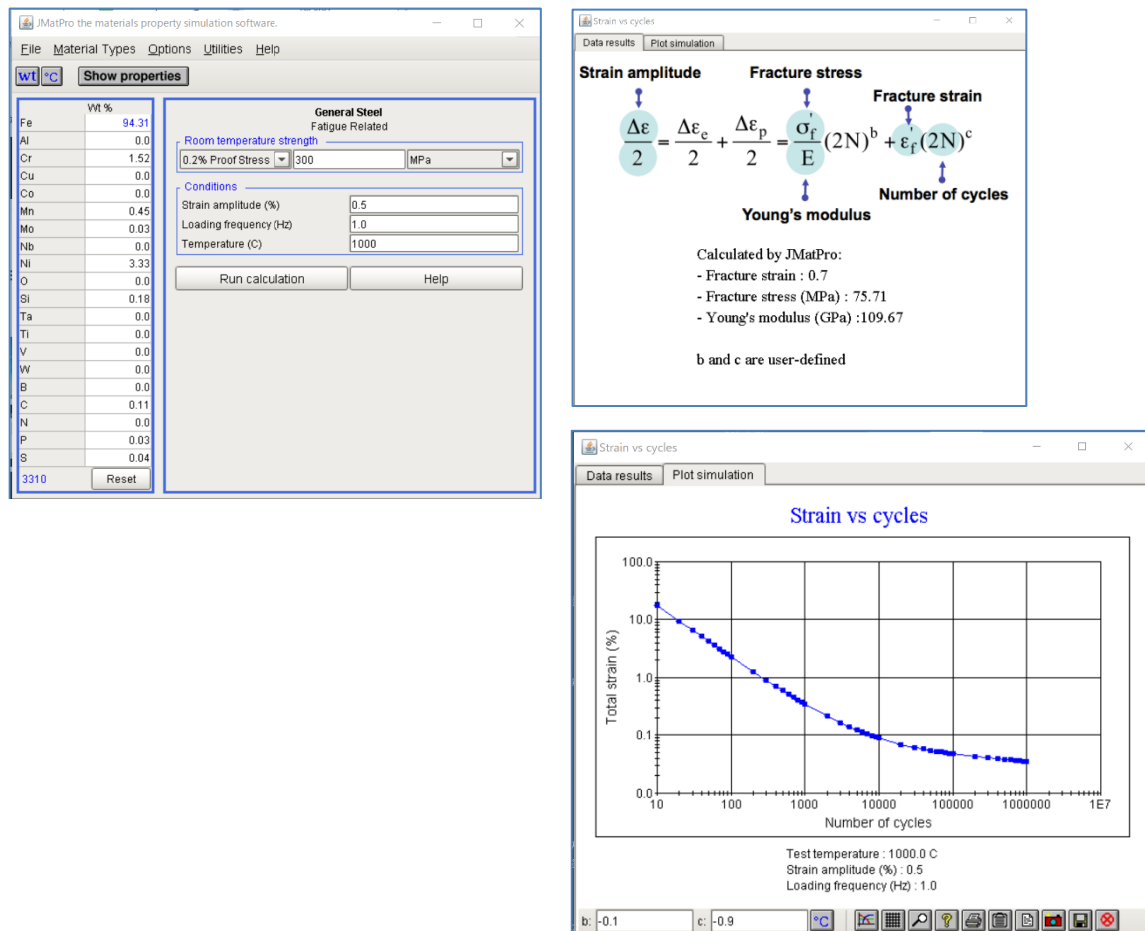
④ Processing map

金属合金が高温で変形を受けると微細構造に変化を受けることがあり、その変化がボイドの形成、ウェッジクラッキングを生じると欠陥となる。Process Map は、変形の際にその微細構造が変化する容易さに関する情報を不安定な流動応力の輪郭を描かれた領域と組み合わせることによって、合金の熱間加工性を表す。そのため、この Map は理想的な加工条件を評価するための有用なツールとなる。



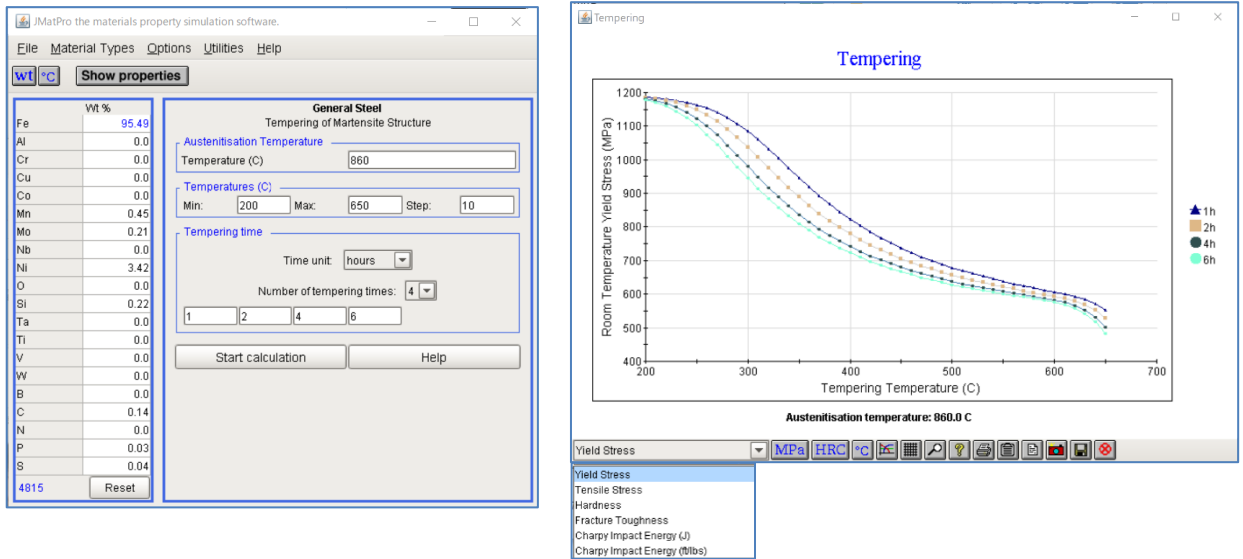
⑤ Fatigue Related

疲労強度の算定に必要なパラメータ、破壊ひずみ、破壊応力、ヤング係数を計算し、疲労ひずみ/サイクルを推定する。



⑥ Tempering of Martensite Structure

焼き戻し温度、時間による室温強度変化を計算します。

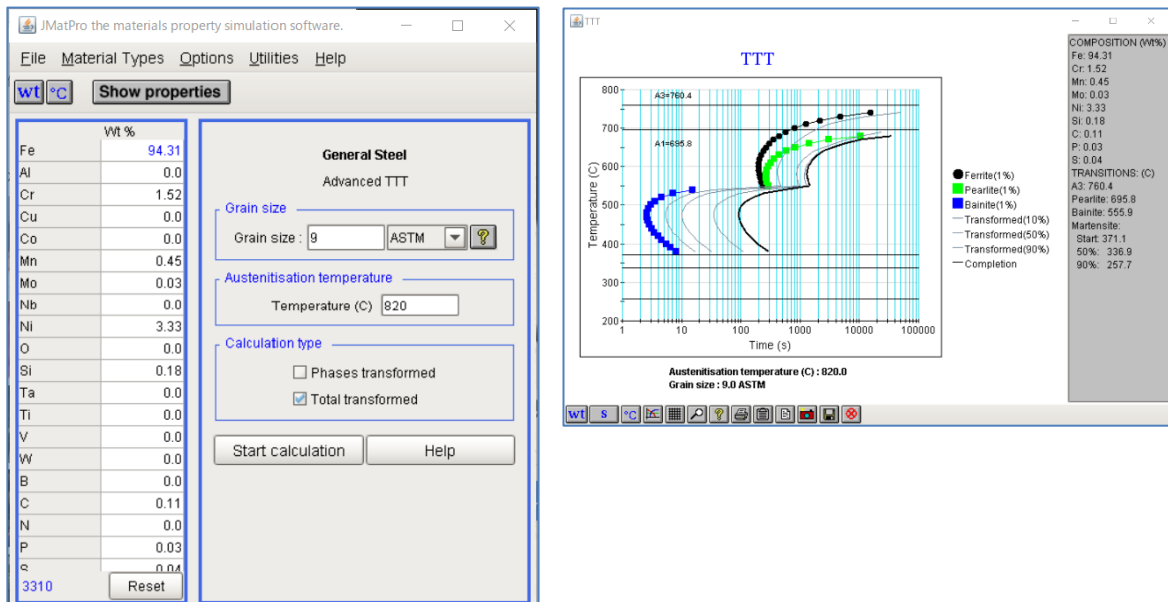


※ 焼き戻し温度、時間毎の室温降伏、引張応力、硬度、破壊靱性、シャルピー衝撃エネルギーを表示することができます。

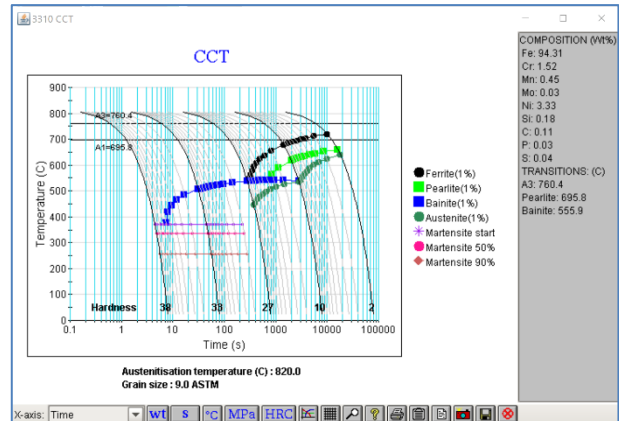
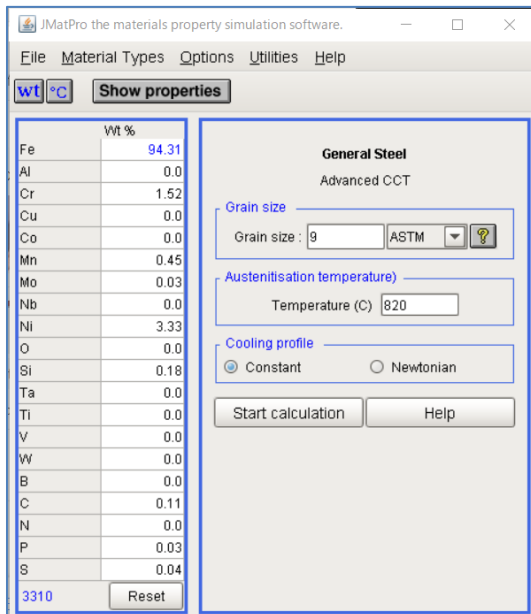
5. 相変態 (Phase transformation)

① Advanced TTT

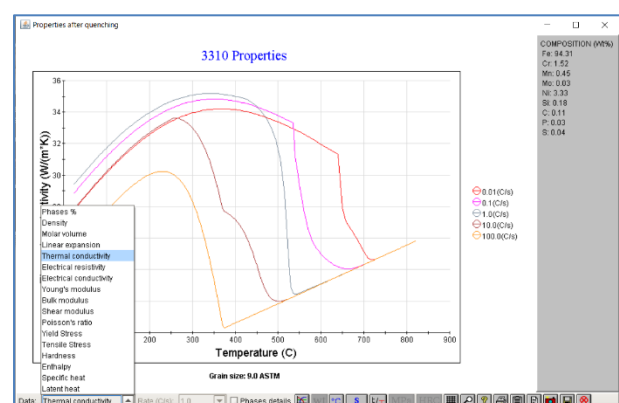
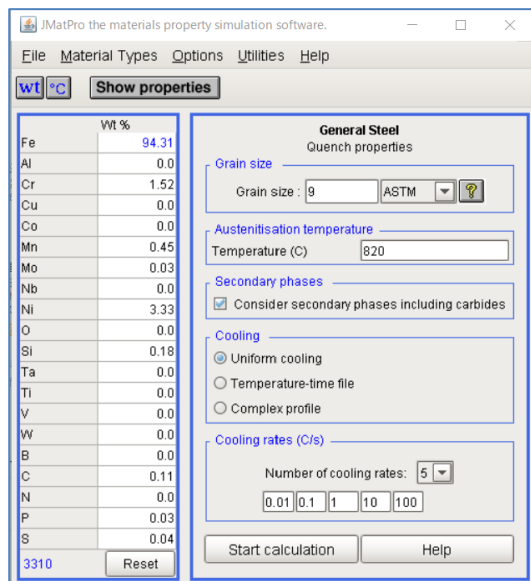
TTT の計算



② Advanced CCT CCT の計算



③ Quench properties 焼入れによる物性値の計算

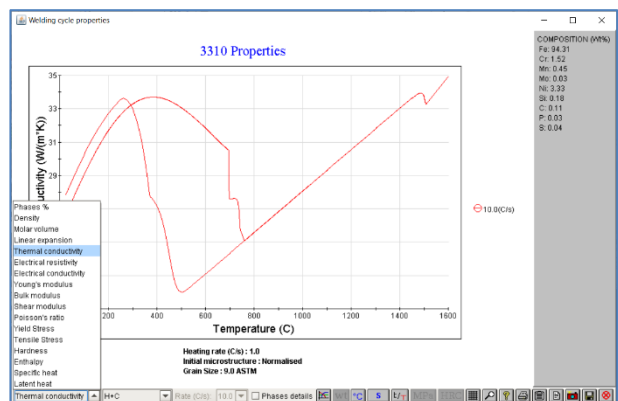


※ 下記の物性値が計算されます。

相%、密度*、モル体積*、線膨張率、平均線膨張率、熱伝導率*、電気抵抗率、電気伝導率、ヤング係数*、体積弾性率*、せん断弾性係数*、ポアソン比*、液体粘性、トータル粘性、表面張力、0.2%耐力*、引張応力*、硬度*、エンタルピー*、比熱*、潜熱
* 相毎の物性値も出力可

④ Welding Cycle

溶接用(昇温、冷却)の物性値を計算



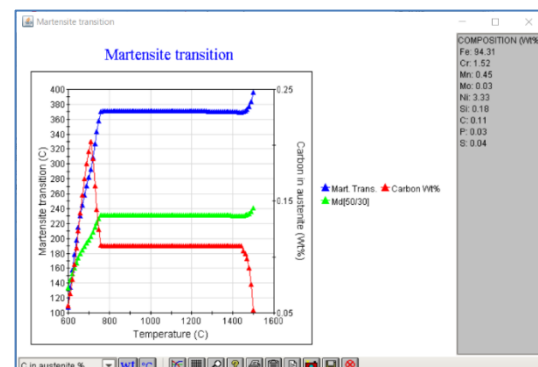
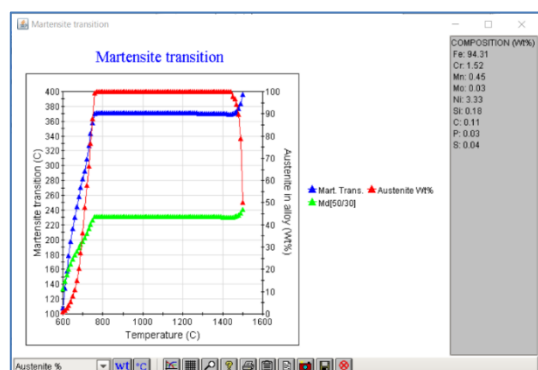
※ 下記の物性値が計算されます。

相%、密度*、モル体積*、線膨張率、平均線膨張率、熱伝導率*、電気抵抗率、電気伝導率、ヤング係数*、体積弾性率*、せん断弾性係数*、ポアソン比*、液体粘性、トータル粘性、表面張力、0.2%耐力*、引張応力*、硬度*、エンタルピー*、比熱*、潜熱

* 相毎の物性値も出力可

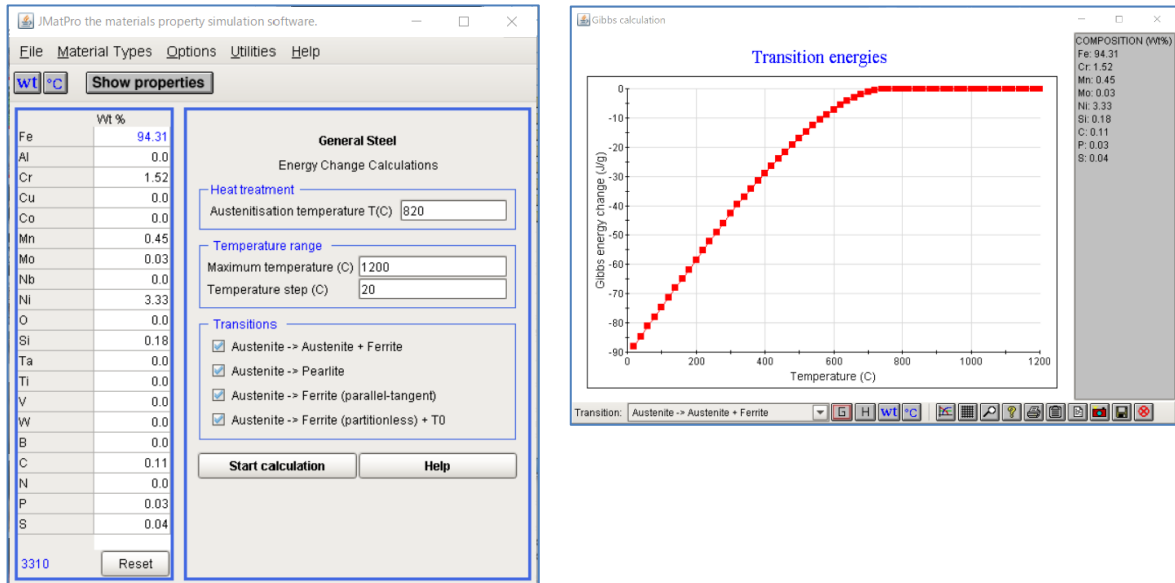
⑤ Martensite transition

最初にマルテンサイト遷移温度とひずみ誘起マルテンサイトの基準温度(Md[50/30])が表示され、各温度毎の遷移温度が計算されます。



⑥ Energy change

Austenite から各相への変態するときの Gibbs energy 変化を計算



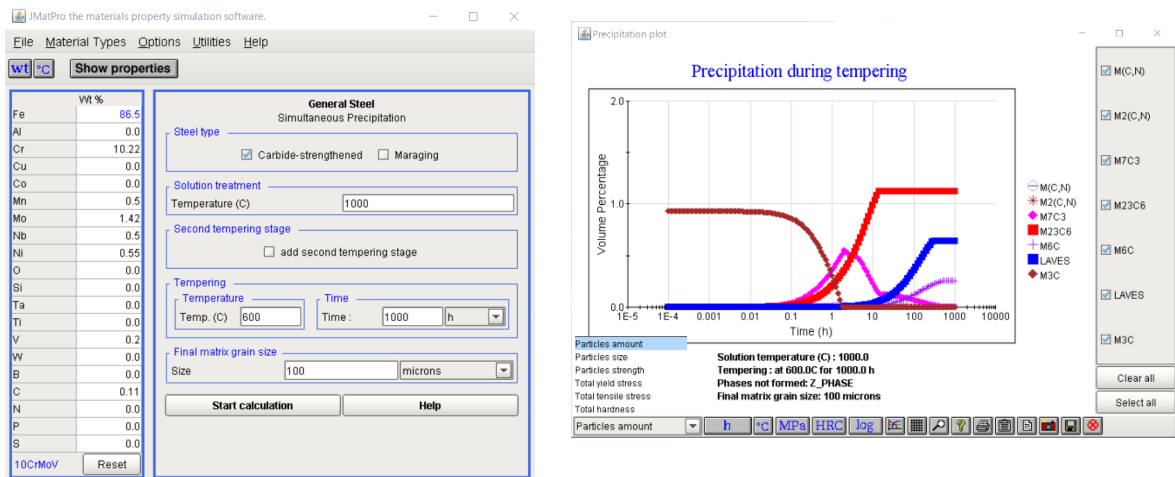
⑦ Simultaneous Precipitation

焼戻しおよびその後の炭化物、金属間相の析出を計算します。

溶体化処理温度から常温に下がった後、再び焼戻し温度まで昇温すると想定されています。

2 番目の焼き戻し段階が入力された場合も、一度室温まで下がり、2 番目の焼き戻し温度に戻り室温まで下がります。初期のマイクロ組織がマルテンサイトである鋼に適用できます。

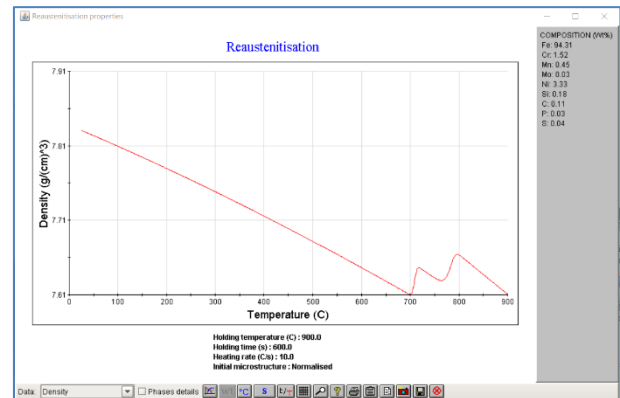
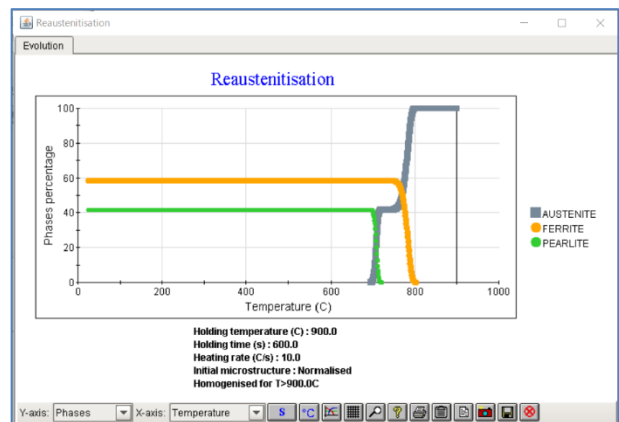
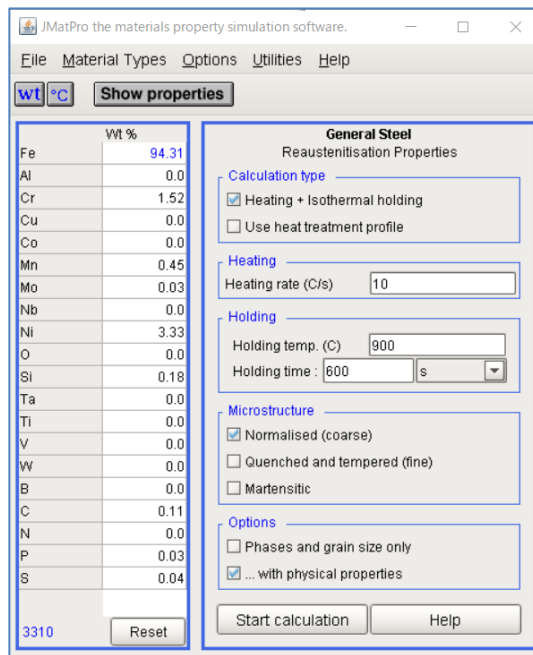
この計算では、カーバイドが主要な強化フェーズとして機能するかどうかに応じて、2つのユーザーオプションが設定されています。



※炭化物/金属間相のパーティクル析出量、サイズ、強度、降伏応力、引張応力、硬度を表示

⑧ Reaustenitisation properties

再オーステナイト化の相変化と熱物性値の計算。モデルの詳細は、Help を参照してください。



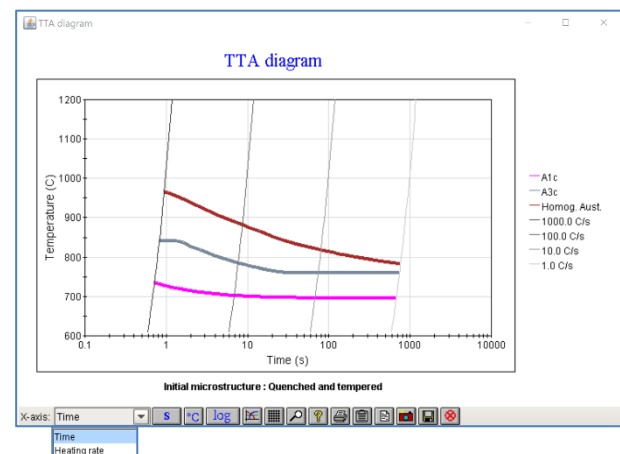
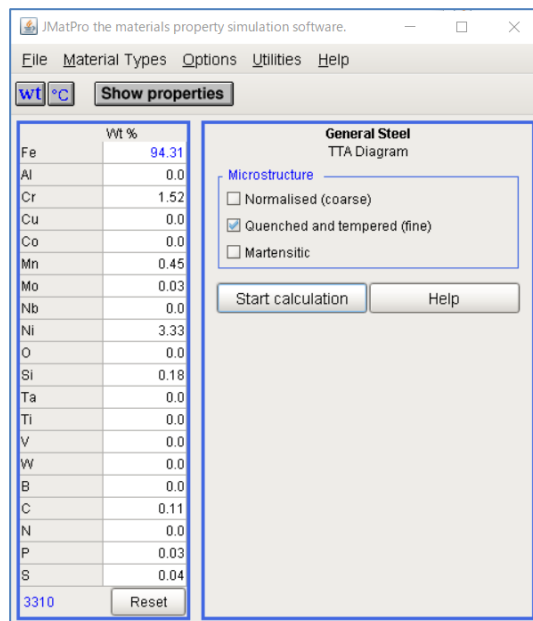
※相変化グラフは、Y 軸は、相、時間、

X 軸は、温度、時間に変わります。

※物性値グラフは、焼き入れ物性値と同じ
ものが計算されます。

⑨ TTA Diagram (Temperature Time Austenitization)

温度時間オーステナイト化線図を計算



※X 軸は、時間、加熱速度で表示できます。

⑩ Transformation Plasticity
変態塑性係数を計算

JMatPro the materials property simulation software.

File Material Types Options Utilities Help

WT °C Show properties

	Wt %
Fe	94.31
Al	0.0
Cr	1.52
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	0.45
Mo	0.03
Nb	0.0
Ni	3.33
O	0.0
Si	0.18
Ta	0.0
Ti	0.0
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.11
N	0.0
P	0.03
S	0.04

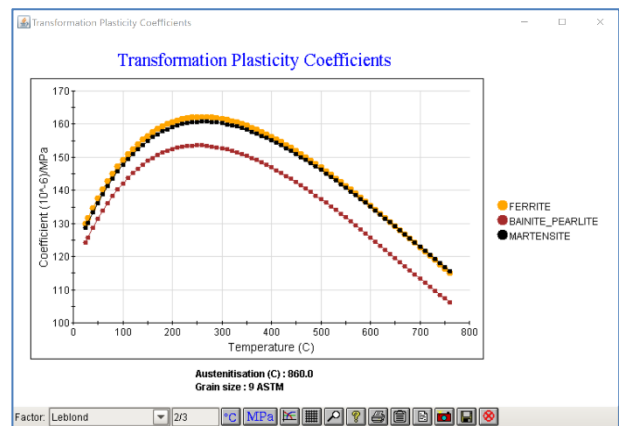
3310 Reset

General Steel
Transformation Plasticity

Grain size
Grain size : 9 ASTM

Austenitisation temperature (C)
User choice : 860

Start calculation Help



⑩ TTP (Temperature Time Precipitation) of ALN, MN, M(C,N)
変形、非変形状態での、ALN, MN, M(C, N)相の温度時間析出曲線を計算します。
母材は単一のオーステナイトと仮定しています。

JMatPro the materials property simulation software.

File Material Types Options Utilities Help

WT °C Show properties

	Wt %
Fe	97.925
Al	0.0
Cr	0.0
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	1.5
Mo	0.1
Nb	0.06
Ni	0.0
O	0.0
Si	0.3
Ta	0.0
Ti	0.02
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.09
N	0.005
P	0.0
S	0.0

X70 Reset

General Steel
TTP of ALN, MN, M(C,N)

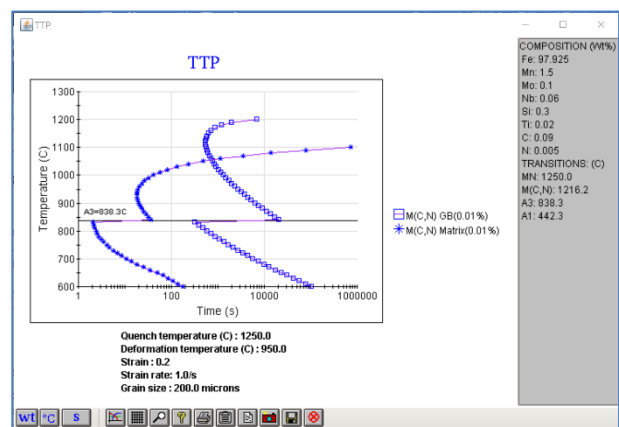
Quenching
Temperature (C) : 1250

Grain size at quenching temperature
Grain size : 200 microns

Deformation (single-Austenite region only)
Temperature (C) : 950
☐ No ☒ Yes Strain : 0.2
Strain rate (1/s) : 1.0

Transformation amount
Amount (%) : 0.01

Start calculation Help



⑩ Multi-Pass Hot Rolling

マルチパス熱間圧延中の圧延条件(温度、時間、ひずみ、ひずみ速度)を入力、下記が計算されます。

- ・ 再結晶率の変化
- ・ 粒度の変化
- ・ 応力対ひずみの変化

JMatPro the materials property simulation software.

File Material Types Options Utilities Help

WT °C Show properties

	Wt %
Fe	97.925
Al	0.0
Cr	0.0
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	1.5
Mo	0.1
Nb	0.06
Ni	0.0
O	0.0
Si	0.3
Ta	0.0
Ti	0.02
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.09
N	0.005
P	0.0
S	0.0

X70 Reset

General Steel
Multi-Pass Hot Rolling

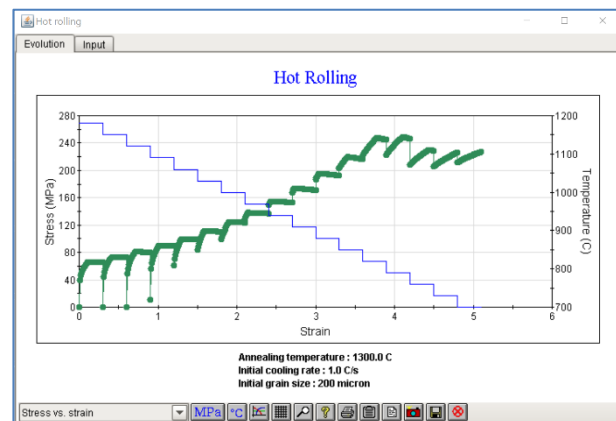
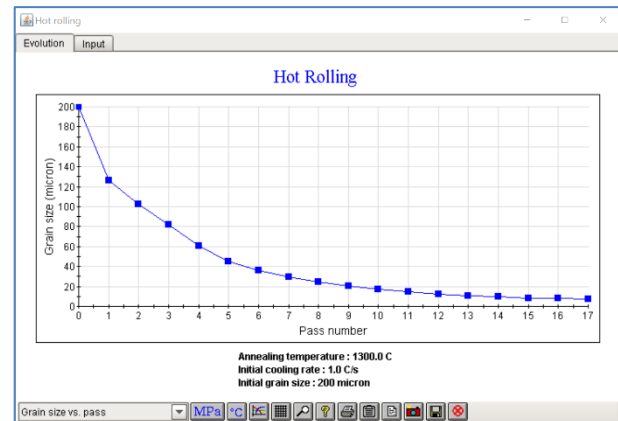
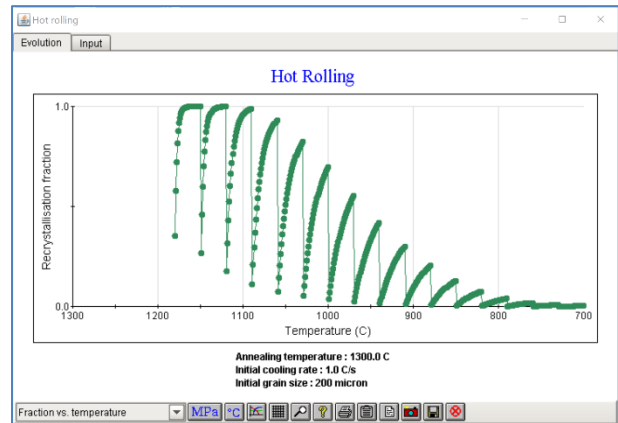
Annealing
Temperature (C): 1300

Initial cooling rate
Rate (C/s): 1.0

Initial grain size
Grain size (micron): 200

Rolling profile file
File: trolling_profilesexam
select edit

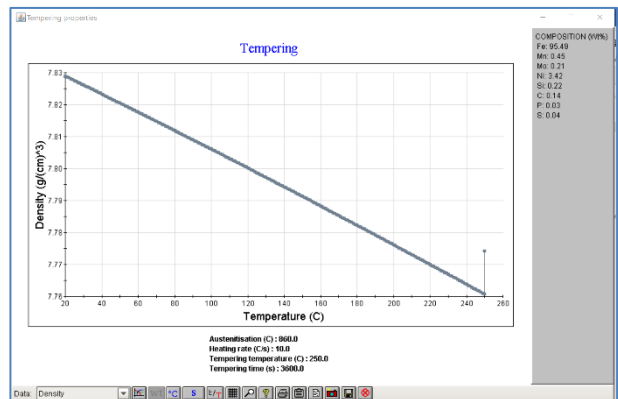
Start calculation Help



⑪ Tempering Properties

焼き戻し物性値の計算をします。温度の指定と温度プロフィールでの入力ができます。

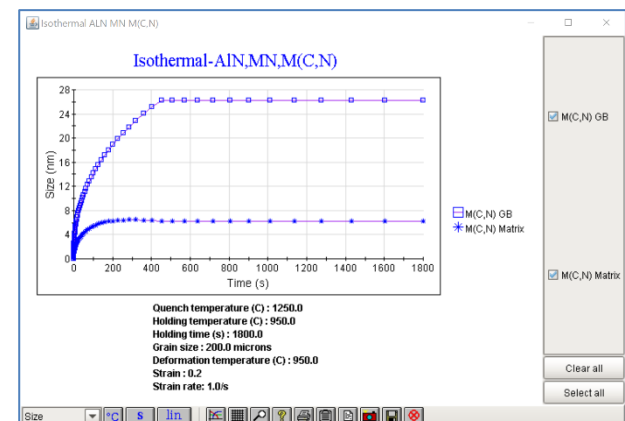
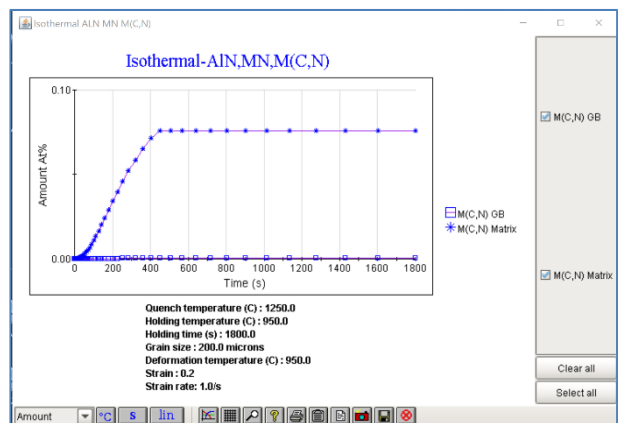
Element	Wt %
Fe	95.49
Al	0.0
Cr	0.0
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	0.45
Mo	0.21
Nb	0.0
Ni	3.42
O	0.0
Si	0.22
Ta	0.0
Ti	0.0
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.14
N	0.0
P	0.03
S	0.04



※物性値の表示は、焼き入れによる物性値と同様

⑪ Isothermal ALN, MN, M(C,n)

変形状態、非変形状態において、特定の温度で恒温保持しているときの AIN、MN、および M(C, N) の析出を計算します。焼入れ温度での初期の微細構造はオーステナイトのみを考慮しますが、等温温度での母材はオーステナイトまたはフェライト、あるいはその両方の混合物になります。



※析出物の量、サイズが表示できます。

6. その他 (Others)

① Carburization

浸炭による炭素量を計算。

JMatPro the materials property simulation software.

File Material Types Options Utilities Help

wt % °C Show properties

Element	Wt %
Fe	94.31
Al	0.0
Cr	1.52
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	0.45
Mo	0.03
Nb	0.0
Ni	3.33
O	0.0
Si	0.18
Ta	0.0
Ti	0.0
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.11
N	0.0
P	0.03
S	0.04

3310 Reset

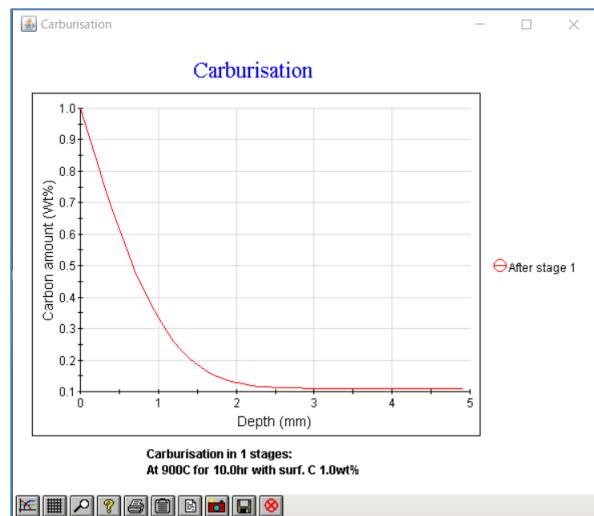
General Steel
Carburisation

Information
This calculation will assume that the alloy is purely austenitic at all the carburisation temperatures.

Depth details
Maximum depth (mm): 5.0
Depth step (mm): 0.1

Carburisation stages
Number of stages: 1
Time unit: hours
Temp. (C): 900 Time: 10.0 Surface C (Wt%): 1.0

Start calculation Help



② Carbon Diffusion in Weld

溶接時の炭素の拡散を計算します。

JMatPro the materials property simulation software.

File Material Types Options Utilities Help

wt % °C Show properties

Element	Wt %
Fe	94.31
Al	0.0
Cr	1.52
Cu	0.0
Co	0.0
Mn	0.45
Mo	0.03
Nb	0.0
Ni	3.33
O	0.0
Si	0.18
Ta	0.0
Ti	0.0
V	0.0
W	0.0
B	0.0
C	0.11
N	0.0
P	0.03
S	0.04

3310 Reset

General Steel
Carbon Diffusion in Weld

Time and temperature
Holding temp. (C): 1050
Holding time: 30 h

Depth details
Max. depth: 30 mm
Depth step: 0.1

Elements variation

Element	Start	End	Element	Start	End	Element	Start	End
Al	0.0	0.0	Ni	3.33	3.42	B	0.0	0.0
Cr	1.52	0.0	O	0.0	0.0	C	0.11	0.14
Cu	0.0	0.0	Si	0.18	0.22	N	0.0	0.0
Co	0.0	0.0	Ta	0.0	0.0	P	0.03	0.03
Mn	0.45	0.45	Ti	0.0	0.0	S	0.04	0.04
Mo	0.03	0.21	V	0.0	0.0			
Nb	0.0	0.0	W	0.0	0.0			

☒ Fix start at current composition

Set end from saved compo

Start calculation Help

