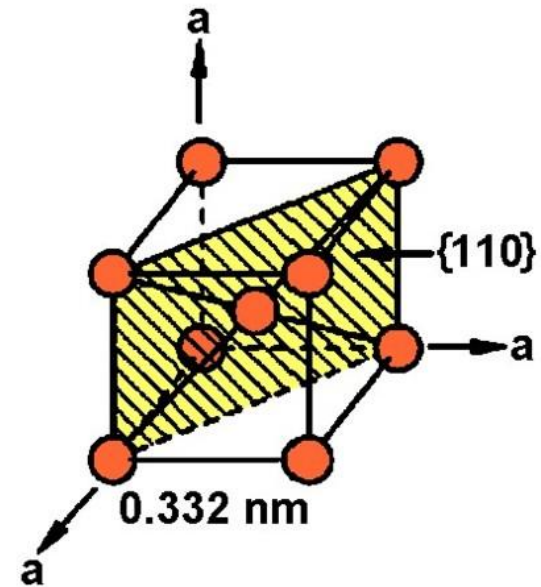
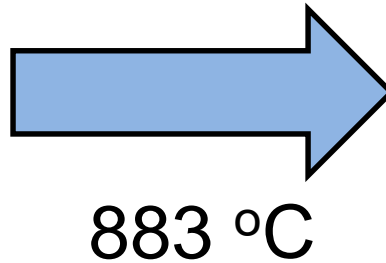
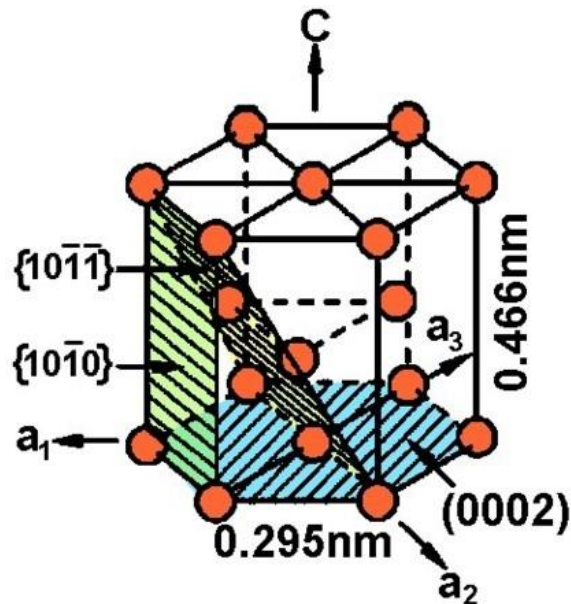


Полиморфизм титана

- Полиморфизм - способность металла образовывать несколько разных кристаллических структур.



Гексагональная плотноупакованная кристаллическая решетка

α - титан

Кубическая объемно-центрированная кристаллическая решетка

β - титан

Легирующие элементы титана

а) α – стабилизаторы;

б) изоморфные

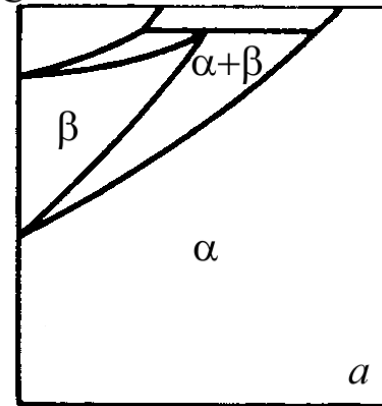
β – стабилизаторы;

в) эвтектоидообразующие

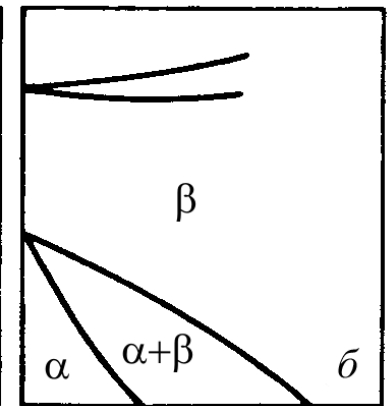
β – стабилизаторы;

г) нейтральные
упрочнители.

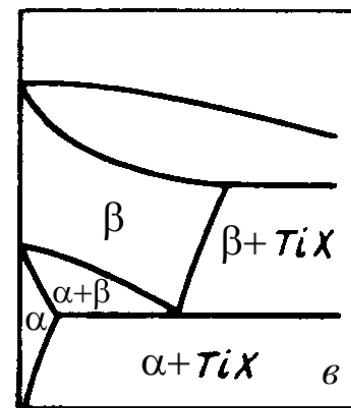
$T, ^\circ\text{C}$



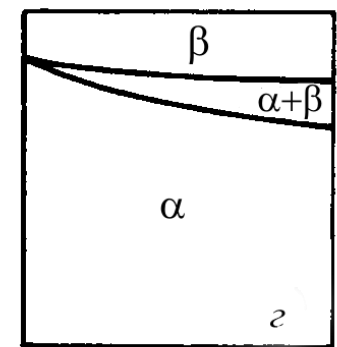
Al O; N, %



V, Nb; Mo; Ta; Re, %



Cr; Mn; Fe; Ni; Si;
Cu; W %



Sn, Zr, Hf

Классификация титановых сплавов

Наиболее распространена классификация сплавов по фазовому составу:

- α -сплавы, структура которых представлена α -фазой;
- псевдо- α -сплавы, структура которых представлена α -фазой и небольшим количеством β -фазы или интерметаллидов (не более 5%);
- $(\alpha+\beta)$ -сплавы, структура которых представлена α и β фазами; сплавы этого типа также могут содержать небольшое количество интерметаллидов;
- псевдо- β -сплавы со структурой, представленной одной β -фазой после закалки или нормализации из β -области. Структура этих сплавов в отожженном состоянии представлена α -фазой и большим количеством β -фазы.
- β -сплавы, структура которых представлена термодинамически стабильной β -фазой;
- сплавы на основе интерметаллидов.

Деформируемые титановые сплавы

Группа сплавов	Марка сплава
α - сплавы	BT1-00, BT1-0, BT5, BT5-1, ПТ-7М
Псевдо - α - сплавы	OT4-0, OT4-1, OT4, BT20, AT3
($\alpha + \beta$) - мартенситного класса	BT6C, BT6, BT14, BT8, BT9, ПТ-3В, BT3-1
($\alpha + \beta$) - сплавы переходного класса	BT22, BT30
Псевдо - β - сплавы	BT35, BT32, BT15
β - сплавы	4201

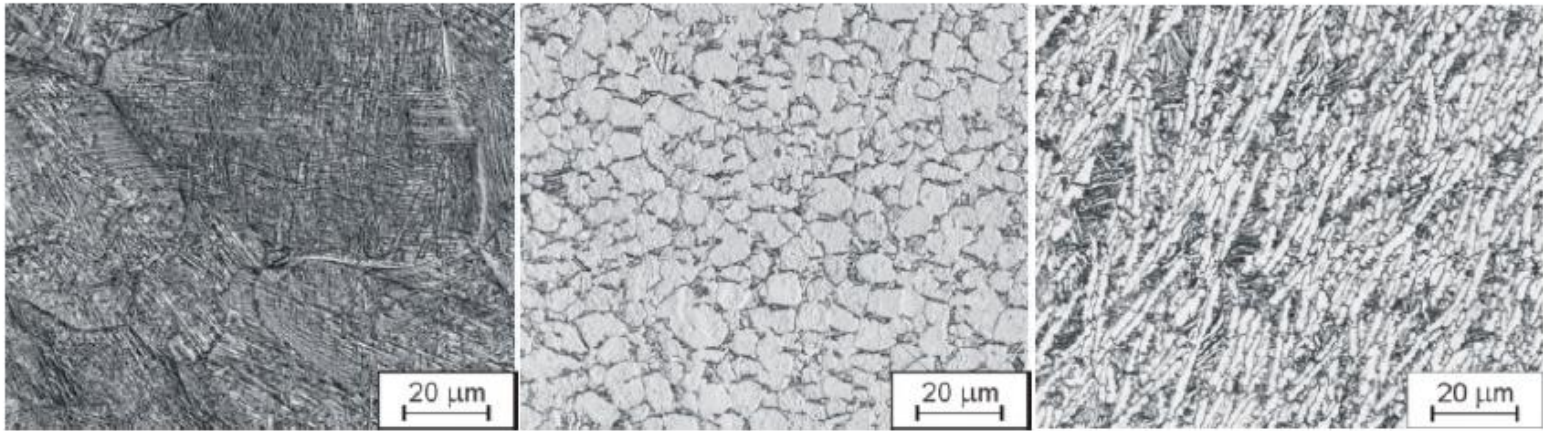
Маркировка:

BT – «ВИАМ титан»;

OT – «опытный титан», сплавы, разработанные совместно ВИАМом и ВСМПО «Ависма»

ПТ – «Прометей титан», сплавы, разработанные ЦНИИ КМ «Прометей»

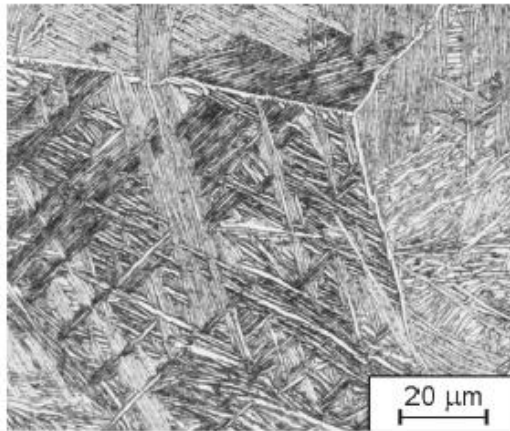
Микроструктура ($\alpha+\beta$)-титановых сплавов



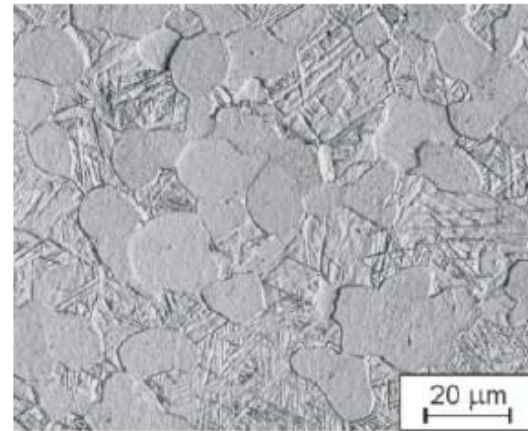
a)

b)

c)

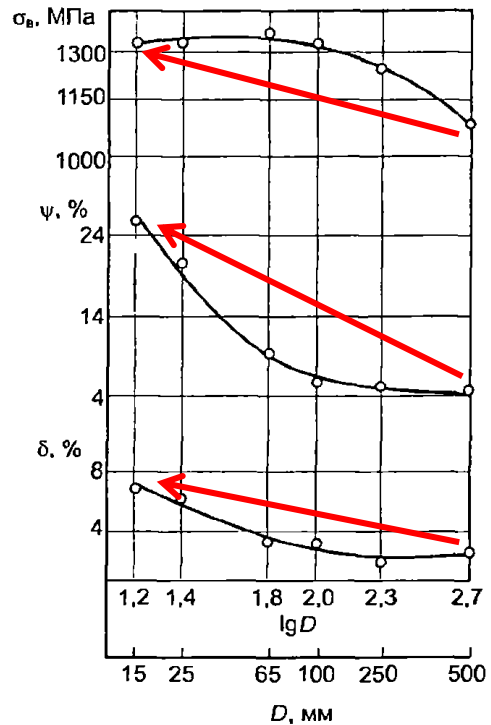


d)

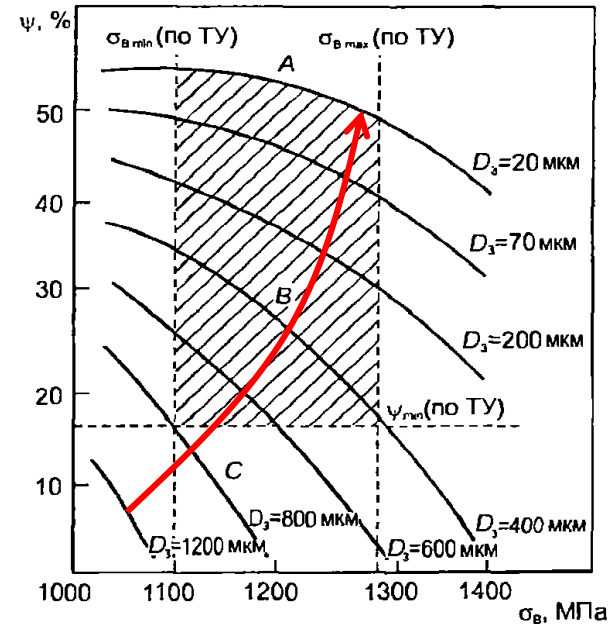


e)

Связь механических свойств титановых сплавов с типом и параметрами микроструктуры



Влияние величины зерна на механические свойства сплава ВТ22И после закалки с 775°C , 1 ч, охлаждение на воздухе + старение 525°C , 4 ч

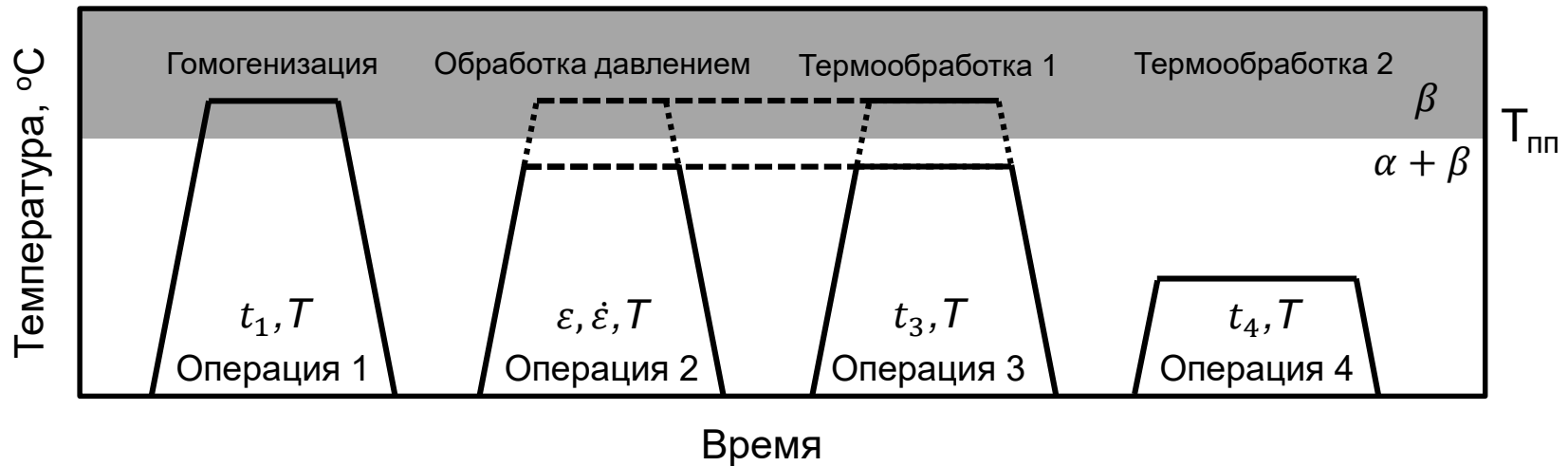


Связь между поперечным сужением и временным сопротивлением разрыву для сплава ВТ22 с разной величиной зерна

Влияние микроструктуры на механические свойства титановых сплавов

Тип	Повышение свойств
Глобулярная	Прочность, пластичность, сопротивление зарождению усталостной трещины, предел выносливости, сопротивление малоциклового усталости
Ламеллярная	Вязкость разрушения, сопротивление росту усталостной трещины, ударная вязкость, сопротивление ползучести, длительная прочность
Дуплексная	Регулируя параметры бимодальной структуры, можно получить комплекс свойств от уровня, характерного для глобулярной структуры, до уровня, свойственного пластинчатой структуре

Схема термомеханической обработки двухфазных титановых сплавов



Термообработка 1:

- рекристаллизационный отжиг;
- закалка+старение;
- закалка+отпуск.

Термообработка 2:

- отжиг для снятия внутренних напряжений.

Преобразование $\alpha \rightarrow \beta$

Transformation kinetic model Leblonde&Devaux

$$\frac{d\xi}{dt} = h \left(\frac{dT}{dt} \right) \cdot \frac{\xi_{max}(T) - \xi}{\tau(T)}$$

h		τ	
Parameter type	Amount	Parameter type	Amount
Cooling speed [°C/s]	5	Temperature [°C]	2

[Select parameters](#) [Load data from file](#) [Export to file](#)

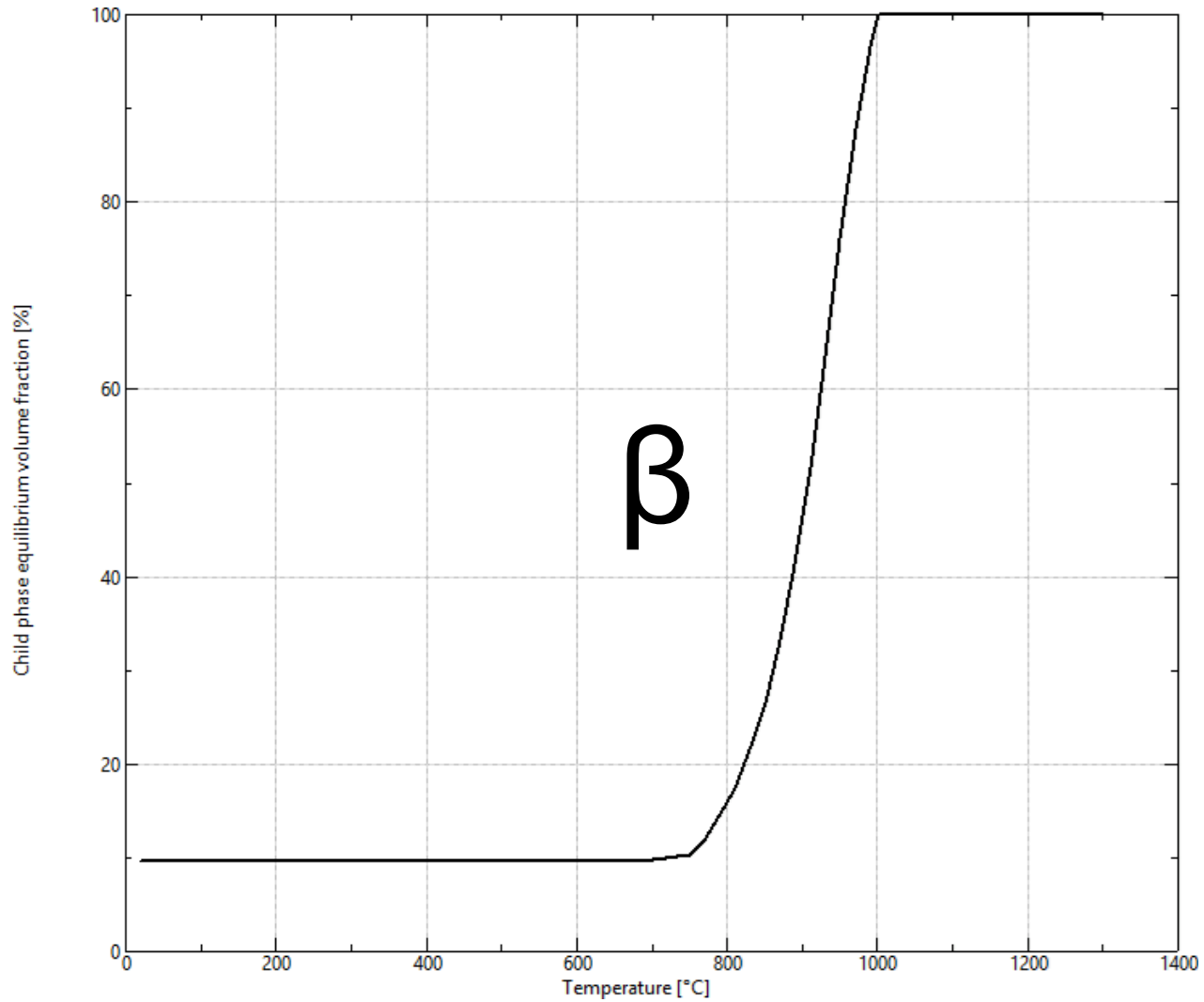
Cooling speed [°C/s]	Amount
-100	1
-1	1
0.01	1
0	0
500	0

Chart

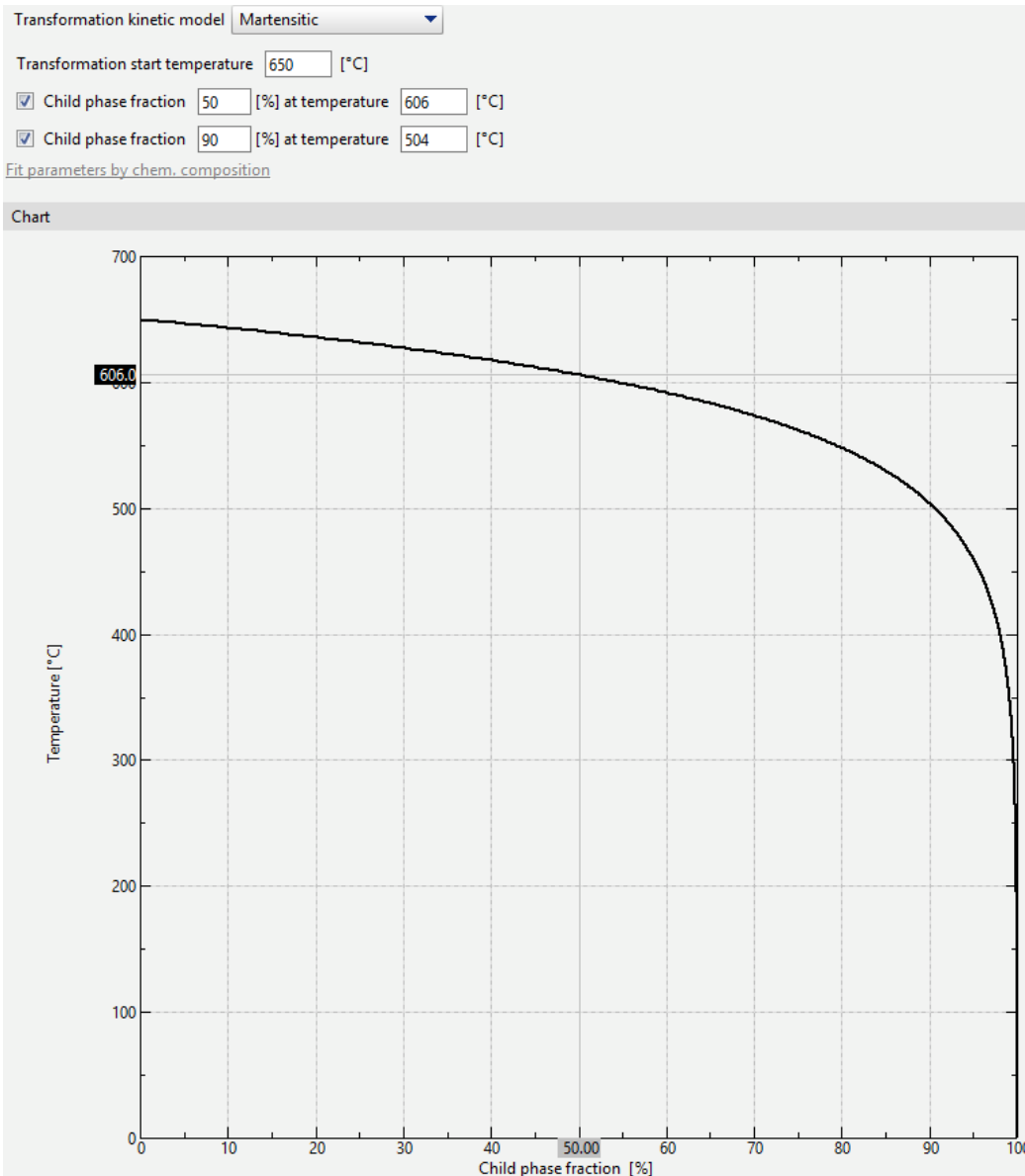
Temperature [°C]	Amount
20	10
1200	10

Chart

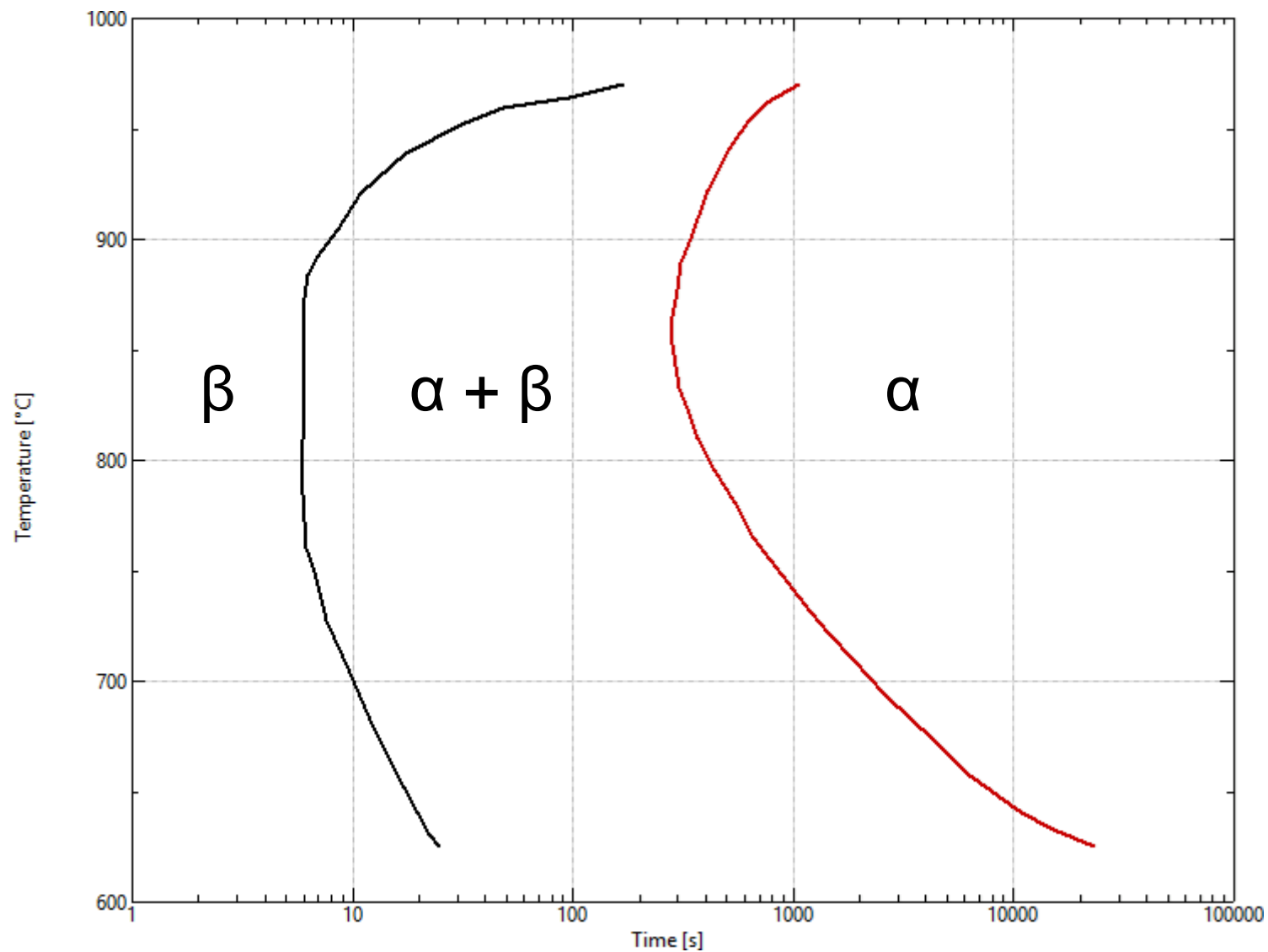
Объемная доля дочерней фазы



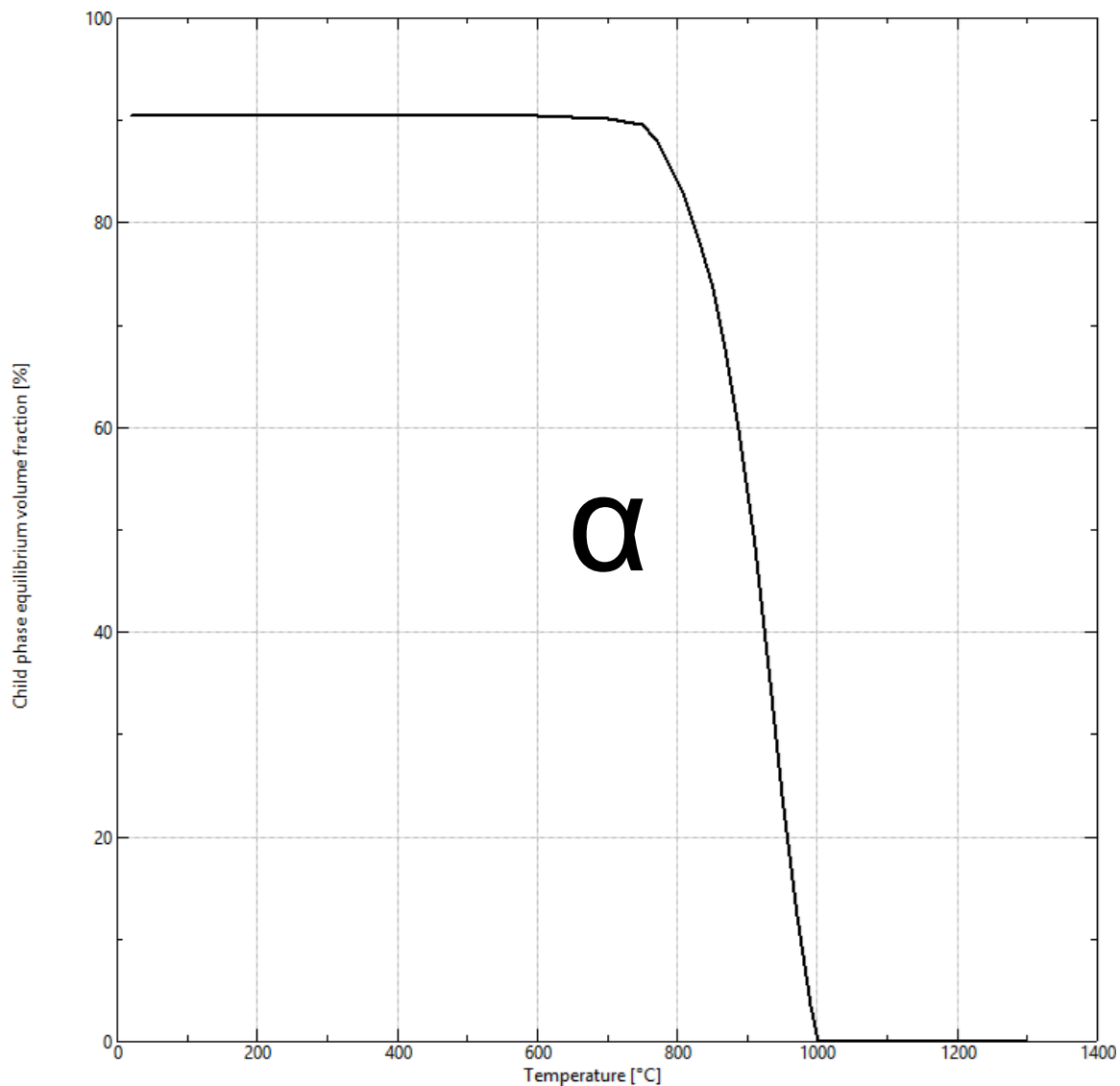
Закалка



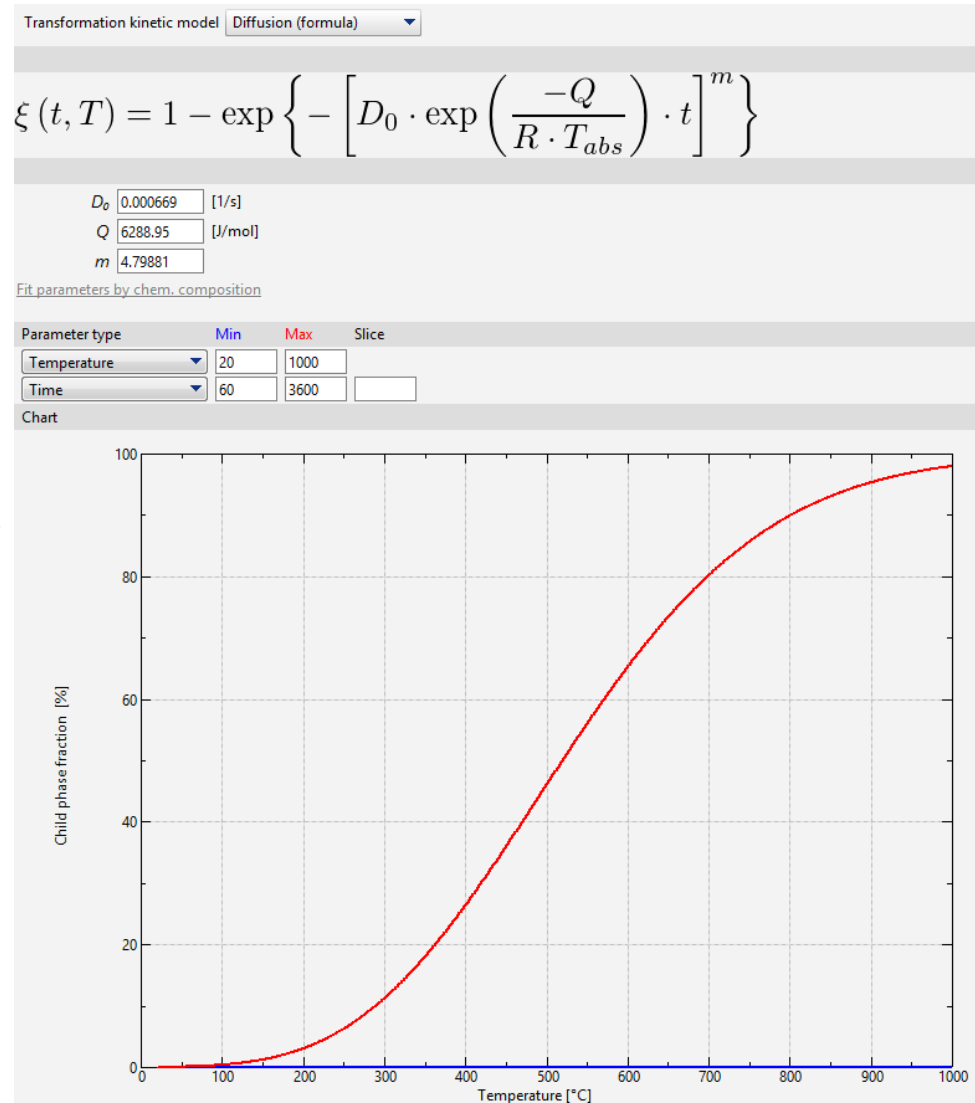
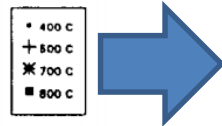
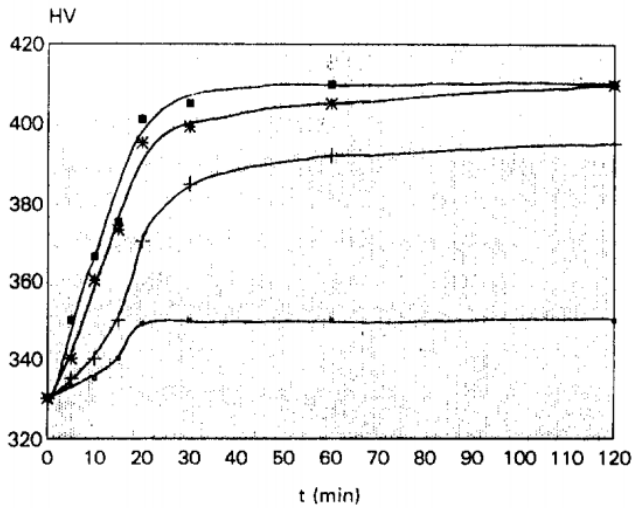
Распад β фазы ВТ6



Объемная доля дочерней фазы



Старение мартенсита



Объемная доля дочерней фазы

