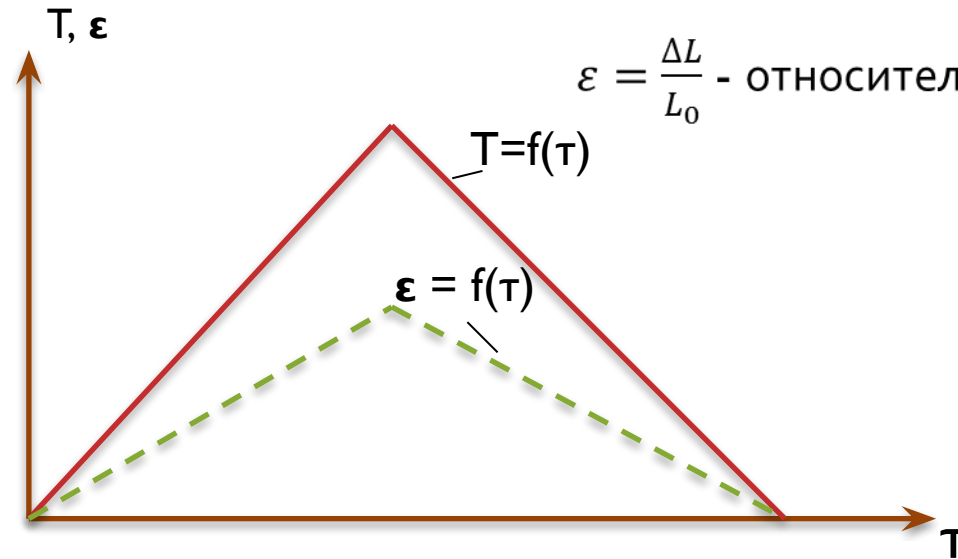
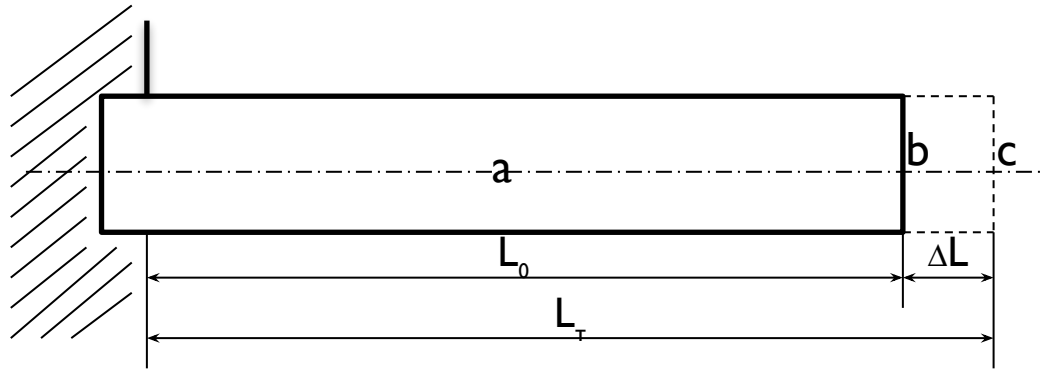


Образование напряжений и деформаций при нагреве стержня.

I. Стержень свободный в увеличении и уменьшении длины.



$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} - \text{относительная деформация}$$

$$L_T = L_0 \times (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta L = L_T - L_0 = L_0 + L_0 \alpha \Delta T - L_0 = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\Delta L / L_0 = \varepsilon = \alpha \Delta T$$

α - коэффициент температурно-линейного расширения.

ΔT - приращение температуры.

2. Стержень ограничен в перемещении.

Составляющие сварочных деформаций:

1) Свободные деформации, которые определяются нагревом и структурными превращениями.

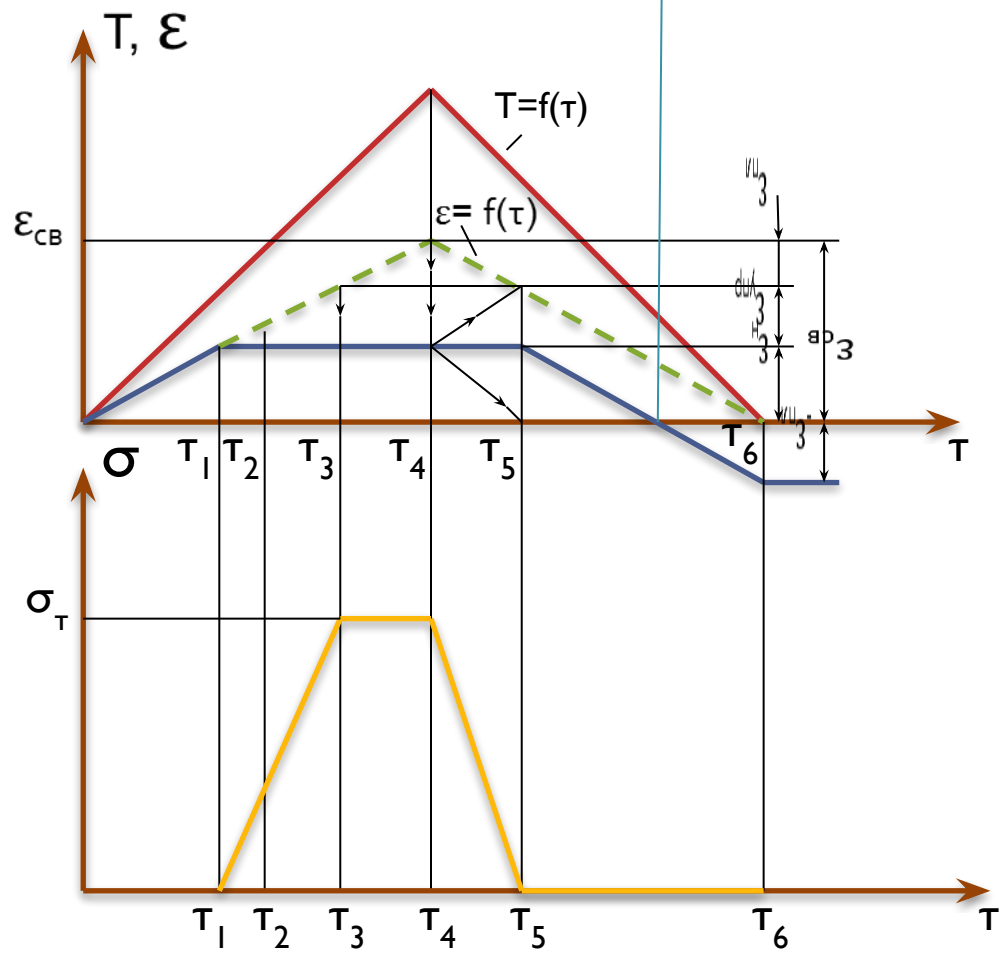
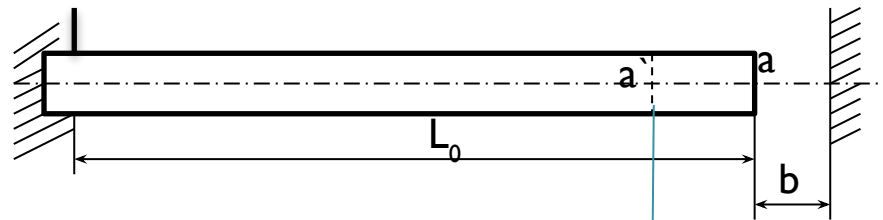
$$\varepsilon_{\text{св.}} = \alpha \Delta T$$

2) Собственные (внутренние) деформации.

$$\varepsilon_{\text{вн.}} = \varepsilon_{\text{упр.}} + \varepsilon_{\text{пл.}}, \quad \varepsilon_{\text{упр.}} - \text{упругие}; \quad \varepsilon_{\text{пл.}} - \text{пластические.}$$

3) Наблюдаемые деформации.

$$\varepsilon_{\text{н}} = \varepsilon_{\text{в}} - \varepsilon_{\text{вн.}}, \quad \varepsilon_{\text{н}} = b / L_0$$



Расчет деформаций проводим как для упругопластического тела, т.е. выполняется зависимость $\sigma(\epsilon)$ как на рис. 1.

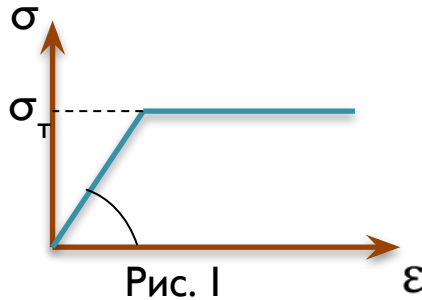


Рис. 1
Схема упругопластического тела

$$\operatorname{tg} \alpha = E = \sigma / \epsilon$$

E - модуль упругости.

$$\epsilon_{\text{пл.мах}} = \epsilon_{\text{св}} - \epsilon_{\text{упр}} - \frac{b}{L_0}$$

При нагреве стержня до времени τ_1 происходит свободная деформация стержня и сопротивления его температурной деформации не наблюдается.

При нагреве стержня в интервале времени от τ_1 до τ_3 происходит упругая деформация стержня, при этом напряжения увеличиваются по линейному закону.

От τ_3 до τ_4 уровень напряжений остается постоянным, происходит пластическая деформация стержня. При τ_4 достигается максимальная температура.

Снижение температуры в интервале времени от τ_4 до τ_5 сопровождается уменьшением напряжений. При τ_5 $\sigma=0$.

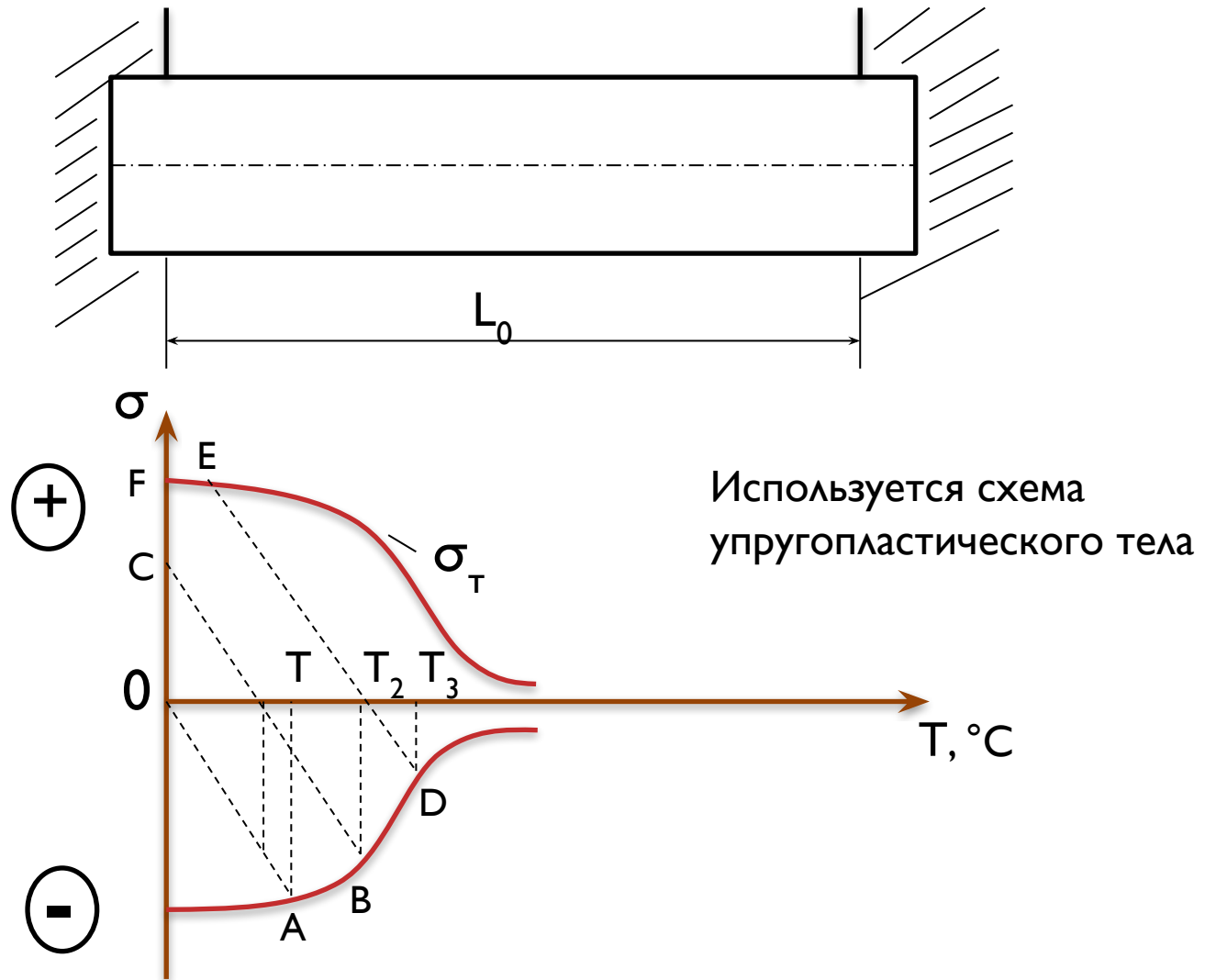
В этом интервале времени происходит снижение температурной деформации (стержень укорачивается), но этот процесс сопровождается релаксацией упругих напряжений (стержень удлиняется). В момент времени τ_5 релаксация напряжений заканчивается ($\sigma=0$), после чего стержень укорачивается (свободно) только за счет изменения температуры до момента времени τ_6 .


Пластическая деформация реализуется в ограничении напряжений (от τ_3 до τ_4) и укорочении стержня при охлаждении до комнатной температуры.

$$\varepsilon_{\text{пл. max}} = \varepsilon_{\text{св}} - \varepsilon_{\text{упр}} - b/L_0$$

(величина запрещенной деформации к концу нагрева)

3. Стержень изначально ограничен в перемещениях (при анализе учесть изменение свойств материалов при повышении температуры).





Если стержень нагревается до t_1 , то он упруго деформируется, поэтому если произвести охлаждение стержня, нагретого до этой температуры, то при исходной температуре напряжения в стержне будут отсутствовать.

Если стержень нагревать выше температуры T_1 , то в стержне будут развиваться $\epsilon_{пл.}$, а напряжения будут сохраняться на уровне предела текучести (участок АВ).

Если провести охлаждение от температуры T_2 , то уровень сжимающих напряжений будет снижаться, при некоторой температуре достигшей 0. А затем в стержне будут развиваться растягивающие напряжения, которые достигнут некоторого уровня, определяемого $t. C$. При дальнейшем нагреве до температуры T_3 , в стержне будет увеличиваться уровень пластических деформаций в стержне. При этом напряжения сохраняются на уровне σ_T .

Если провести охлаждение от этой температуры, то в какой то момент времени напряжения в стержне станут равны нулю, а затем поменяют свой знак и будут возрастать вплоть до предела текучести ($t.E$). Дальнейшее охлаждение приведет к тому, что растягивающие напряжения будут сохраняться на уровне σ_T .