

WŁASNOŚCI MECHANICZNE:

- GRANICA PLASTYCZNOŚCI
- WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE
- TWARDOŚĆ
- TEMPERATURA PRZEJŚCIA W STAN KRUCHY

GRANICA PLASTYCZNOŚCI

$$\sigma_y = \sigma_0 + K_y d^{-\frac{1}{2}} \quad \text{wzór Hall'a-Petch'a}$$

gdzie: K_y współczynnik uwzględniający warunki odblokowania granic ziaren
 d wielkość ziarna ferrytu

$$\sigma_0 = \sigma_0' + \sigma_{ss} + \sigma_p + \sigma_d + \sigma_{sg} + \sigma_t$$

gdzie: σ_0' napężenie tarcia wewnętrznego
 σ_{ss} umocnienie od roztworu stałego
 σ_p umocnienie wydzieleniowe
 σ_d umocnienie dyslokacyjne
 σ_{sg} umocnienie pochodzące od granic podziarn
 σ_t wpływ tekstury

$$K_y d^{-\frac{1}{2}} = \sigma_g$$

Wyznaczanie poszczególnych składowych umocnienia:

1. $\sigma_g = 18.6(d')^{-\frac{1}{2}}$

$$d' = d_a / 1000$$

2. $\sigma_0' = 40 \text{ MPa}$

3. $\sigma_{ss} = 37[\text{Mn}] + 83[\text{Si}] + 59[\text{Al}] + 38[\text{Cu}] + 11[\text{Mo}] + 2918[\text{N}]$

4. $\sigma_p = K_p([\text{Nb}]^* - 0.5[\text{Ti}])$

K_p stała = 2500 MPa/%wag

$[\text{Nb}]^*$ zawartość Nb w roztworze w temperaturze rozpoczęcia przemiany T_s
w %wag

$[\text{Ti}]$ zawartość Ti w %wag

$$[\text{Nb}]^* = \sqrt{\frac{7.7e^a}{b}}$$

$$a = \left(-\frac{6770}{T_s + 273} + 0.248[Mn] + 2.15 \right) * \ln 10$$

$$b = \frac{[C] + \frac{12}{14}[N]}{[Nb]}$$

$$5. \quad \sigma_d = \alpha G b \rho^{\frac{1}{2}}$$

gdzie: α stała zależna od oddziaływania między dyslokacjami $\alpha = 0.38-1.33$
(dla ferrytycznych = 0.8)

G moduł ścinania dla czystego żelaza; $G = 8.1 \times 10^4$ MPa

b wektor Burgersa; dla ferrytu $b = 0.248$ nm

ρ gęstość dyslokacji

$$\text{Jeśli } T_{FD} > T_s \text{ to:} \quad \rho = \rho_0 = \left(\frac{A}{T_{FD}} \right)^s$$

$$\text{Jeśli } T_{FD} < T_s \text{ to:} \quad \rho = \rho_0 B \exp(\varepsilon_a - 1) \left(\frac{A}{T_{FD}} \right)^s$$

gdzie: ρ_0 gęstość dyslokacji w stali wyżarzzonej; $\rho_0 = 4 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$

ε wielkość odkształcenia poniżej T_s

A, B, s stałe (1030, 1.8, 8.87)

$$6. \quad \sigma_{sg} = \varepsilon_a P \left(\frac{T_s}{T_{FD}} - 1 \right)^w$$

gdzie: ε_a odkształcenie zakumulowane (w mierze logarytmicznej)

P stała zależna od wielkości ziarna ferrytu; $P = 300$ MPa

$w = 0.3$

Sumowanie:

- r.s.s. (root of the sum of the squares summation)

$$\sigma_y = \left[\left(\sigma_0' + \sigma_{ss} + \sigma_p + \sigma_{sg} + \sigma_t + \sigma_g \right)^2 + \sigma_d^2 \right]^{1/2}$$

- liniowe

$$\sigma_y = \sigma_0' + \sigma_{ss} + \sigma_p + \sigma_d + \sigma_{sg} + \sigma_t + \sigma_g$$

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE

$$R_m = 164.9 + 634.7C + 56.3Mn + 99.7Si + 651.9P + 3339.4N + 2500Nb^* + 11(d')^{-\frac{1}{2}}$$

TWARDOŚĆ

$$HV = \frac{3 \times R_m}{10}$$

TEMPERATURA PRZEJŚCIA W STAN KRUCHY

- ferryt ziarnisty (Irvine)

$$ITT = 37 - 0.8\sigma_g + 0.5(\sigma_p + \sigma_d)$$

- ferryt iglasty (Pickering)

$$ITT = -19 + 0.26(\sigma_p + \sigma_d + \sigma_{sg}) - 11(d')^{-1/2} \quad d' = d_\alpha/1000$$