

REKRYSZTALIZACJA DYNAMICZNA

Dla stali Nb:

$$\varepsilon_p = \frac{1 + 20[Nb]}{1,78} \cdot 2,8 \cdot 10^{-4} D_0^{0,5} Z^{0,17}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_p} = 0,8 - 11[Nb] + 117[Nb]^2$$

Dla stali C-Mn:

$$\varepsilon_p = 5,6 \cdot 10^{-4} D_0^{0,3} Z^{0,17} \quad \text{wg Siciliano}$$

$$\varepsilon_c = C \varepsilon_p \quad C = 0,8$$

Kinetyka rekrysztalizacji dynamicznej:

$$X = 1 - \exp \left[-0,693 \left(\frac{\varepsilon - \varepsilon_c}{\varepsilon_{0,5}} \right)^2 \right]$$

ε – odkształcenie zadane

$\varepsilon_{0,5}$ – odkształcenie konieczne do zrekrystalizowania 50% objętości materiału w danych warunkach

Stale Nb i C-Mn:
$$\varepsilon_{0,5} = 1,144 \cdot 10^{-3} \cdot D_0^{0,25} \cdot \dot{\varepsilon}^{0,05} \exp \left(\frac{6420}{T} \right)$$

Wielkość ziarna austenitu po rekrysztalizacji dynamicznej:

$$D_{dx} = 1,6 \cdot 10^4 Z^{-0,23}$$

$\varepsilon > \varepsilon_p$	rekrysztalizacja dynamiczna
$\varepsilon_c < \varepsilon < \varepsilon_p$	rekrysztalizacja metadynamiczna
$\varepsilon < \varepsilon_c$	rekrysztalizacja statyczna

REKRYSZTALIZACJA STATYCZNA

Czas potrzebny do rozpoczęcia rekryształizacji statycznej:

Dutta i Sellars

$$t_{x0,05} = \varepsilon^{-4} \cdot 6,75 \cdot 10^{-20} D_0^2 \exp\left(\frac{300000}{RT}\right) \exp\left\{\left(\frac{2,75 \cdot 10^5}{T} - 185\right)[Nb]\right\}$$

Czas do rozpoczęcia procesu wydzieleniowego indukowanego odkształceniem:

Dutta i Sellars (stałe Nb)

$$t_{p0,05} = f \varepsilon^{-1} A [Nb]^{-1} Z^{-0,5} \exp \frac{270000}{RT} \exp \frac{B}{T^3 [\ln(k_s)]^2}$$

$$A = 3 \cdot 10^{-6}$$

$$B = 2,5 \cdot 10^{10}$$

$$k_s = \frac{[Nb] \left[C + \frac{12}{14} N \right]}{10^{2,26 - \frac{6770}{T}}}$$

$$f = \left(10^{-0,26 - 0,9[Mn] + 2,85[Si]} \right)^{-1}$$

Objętość zrekryształizowana statycznie:

$$X = 1 - \exp \left[-b \left(\frac{t}{t_y} \right)^n \right]$$

$$b = -\ln(1 - X_y)$$

$$b = 0,693 \quad t_{x0,5}$$

$$b = 0,0513 \quad t_{x0,05}$$

$$n = F \exp \left(-\frac{Q_n}{RT} \right)$$

$$F = 3,07, Q_n = 12000$$

Wielkość ziarna austenitu po rekrystalizacji statycznej:

Stale C – Mn i Nb (Sellars):

$$D_{\gamma} = LD_0^r \varepsilon^{-m} Z^{-u}$$

$$r = 0,67$$

$$m = 0,67$$

$$u = 0$$

L – stała z zakresu $0,66 \div 1,86$ ($L = 1 - ([\text{Nb}] + [\text{Ti}])$) dla stali Nb)

Rozrost ziarna (Hodgson i Gibbs):

$$D_{\gamma g}^z = D_{\gamma}^z + k_{(s)} t \exp \frac{Q_g}{RT}$$

t – czas po zakończeniu rekrystalizacji

Stal	z	$k_{(s)}$	Q_g , kJ/mol
C–Mn–V	7	$1,45 \cdot 10^{27} \mu\text{m}^7 \text{s}^{-1}$	- 400
C–Mn–Ti	10	$2,6 \cdot 10^{28} \mu\text{m}^{10} \text{s}^{-1}$	- 437
C–Mn–Nb	4,5	$4,1 \cdot 10^{23} \mu\text{m}^{4,5} \text{s}^{-1}$	- 435

TEMPERATURA ROZPOCZĘCIA PRZEMIANY AUSTENIT – FERRYT

Ouchi: $T_s = 910 - 310C - 80Mn - 20Cu - 15Cr - 55Ni - 80Mo + 0,35(t - 8)$

WIELKOŚĆ ZIARNA FERRYTU

Hodgson & Gibbs...1992 stale mikrostopowe z dodatkiem Nb

$$d_{\alpha} = \left(29 - 5CR^{0.5} + 20 \left[1 - \exp \left(-1.5 \times 10^{-2} D_{\gamma} \right) \right] \right) \left(1 - 0.8 \varepsilon_a^{0.15} \right)$$

Sellars & Beynon...1984

$$d_0 = 2.5 + 3.0CR^{-0.5} + 20 \left[1 - \exp \left(-0.015 D_{\gamma} \right) \right]$$

$$d_{\alpha} = d_0 \left(1 - 0.45 \sqrt{\varepsilon_a} \right)$$