

Rekrystalizacja statyczna

Czas potrzebny do zrekrystalizowania objętości F materiału:

$$t_F = A\varepsilon^{-p} D_0^q Z^r \exp\left(\frac{Q_{rex}}{RT}\right)$$

Stale C–Mn (Kwon):

$$t_{0,5}^{SRX} = 3,32 \cdot 10^{-15} \varepsilon^{-3,144} D_0^{1,4145} Z^{-0,121} \exp\left(\frac{-285000}{RT}\right)$$

Stale Nb:

$$t_F = A\varepsilon^{-p} D_0^q Z^r \exp\left(\frac{Q_{rex}}{RT}\right)$$

$$r = -3/8$$

$$Q_{rex} = 480 \text{ kJ/mol}$$

$$q = 1,7 \quad \text{wysoko-niobowe} > 0,035 \text{ Nb}$$

$$q = 2 \quad \text{nisko-niobowe} < 0,035 \text{ Nb}$$

$$p = 3,7 D_0^{-0,137}$$

Torizuka

$$t_{x0,5} = 1,2 \cdot 10^{-12} S_V^{-1,6} \varepsilon^{-2,2} \dot{\varepsilon}^{-0,2} \exp\left(\frac{291000}{RT}\right)$$

$$S_V = [1,67(\varepsilon - 0,10) + 1] \left(\frac{2}{D_\gamma} \right) + 63(\varepsilon - 0,3)$$

Dutta i Sellars

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

Hodgson i Gibbs 0,01 – 0,03% Nb, odkształcenie $> 0,3$

$$t_{x0,5} = (-5,24 \cdot 550[Nb]) \cdot 10^{-18} \varepsilon^{(-4+77[Nb])} D_0^2 \exp\left(\frac{330000}{RT}\right)$$

Czas do rozpoczęcia procesu wydzieleniowego indukowanego odkształceniem:

Dutta i Sellars (stale 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 zrekrystalizowana statycznie:

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

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

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

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

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

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

$$F = 38,02, Q_n = 43800$$

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 $0,66 \div 1,86$ ($L = 1 - ([Nb] + [Ti])$) dla stali Nb)

Stale C – Mn (Medina):

$$D_\gamma = 343\varepsilon^{-0,5}D_0^{0,4}\exp\left(-\frac{45000}{RT}\right)$$

Stale Nb (Weiss):

$$D_{\gamma} = 472 \exp\left(-\frac{11620}{RT}\right) \varepsilon^{-0,7} D_0^{0,277} \dot{\varepsilon}^{-0,1}$$

Rozrost ziarna (Hodgson i Gibbs):

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

t – czas po zakończeniu rekrytalizacji

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

Przykładowe zadanie:

Oblicz średnią wielkość ziarna austenitu po rekrytalizacji statycznej dla danego składu chemicznego stali i warunków odkształcania.

Wyznaczyć wielkość ziarna austenitu po rozroście.