نمونه سوال خواص مکانیکی مواد (۲)

۱. یک مخزن کروی فولادی با ضخامت ۵ mm و قطر ۲ m برای نگهداری گاز با فشار ۵ MPa به کار می رود. در صورتی که ترکی به شکل نیم سکه در سطح کره ایجاد شود، حداقل چقرمگی شکست فولاد بطوری که قبل از ترکیدن مخزن، نشتی گاز در مخزن مشاهده گردد را محاسبه نمایید.

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{pr}{2t} \qquad \Longrightarrow \qquad \sigma_{\theta\theta} = \frac{5*10^6*1}{2*5*10^{-3}} = 500\ MPa$$

$$K = \alpha\sigma\sqrt{\pi c}$$

$$\alpha = \frac{2}{\pi}$$

For seeping before fracture: $c = t\ \ and\ \ K_{IC} \geq K,$ so

$$K_{IC} \geq \frac{2}{\pi}\sigma\sqrt{\pi t}$$

$$K_{IC} \geq \frac{2}{\pi} * 500 * 10^6 * \sqrt{\pi * 5 * 10^{-3}} = 39.9\ MPa.m^{\frac{1}{2}}$$

۲. میله ای فلزی به قطر ۱۵ mm تحت بار کششی ۱۲۵ kN تسلیم می‌شود. در صورتی که ترکی سکه‌ای به قطر μm ۳۰۰ در وسط این نمونه و عمود بر راستای اعمال نیرو وجود داشته باشد مطلوب است:

(K_{IC} = ۴۵ $MPa\ m^{\frac{1}{2}}$)

a. شعاع ناحیه پلاستیک نوک ترک را محاسبه نمایید.
b. مقدار ضریب شدت تنش برای ترک فوق را محاسبه نمایید
c. تحت چه بار کششی شکست در ماده رخ می‌دهد.

a)

$$\sigma_0 = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4}d^2} \qquad \Longrightarrow \qquad \sigma_0 = \frac{F}{A} = \frac{125*10^3}{\frac{\pi}{4}(15*10^{-3})^2} = 707\ MPa$$

$$K = \frac{2}{\pi}\sigma\sqrt{\pi c} \qquad \Longrightarrow \qquad K = \frac{2}{\pi} * 707 * \sqrt{\pi * 150 * 10^{-6}} = 9.77\ MPa$$

$$r_p = \frac{1}{6\pi}\frac{K^2}{{\sigma_0}^2} \qquad \Longrightarrow \qquad r_p = \frac{1}{6\pi}\frac{9.77^2}{707^2} = 10\ \mu m$$

b)

$$K = \frac{2}{\pi}\sigma\sqrt{\pi(c + r_p)} \qquad \Longrightarrow \qquad K = \frac{2}{\pi}707\sqrt{\pi * 160 * 10^{-6}} = 10\ MPa$$

c)

$$r_p = \frac{1}{6\pi}\frac{K^2}{{\sigma_0}^2} \quad \text{where}, \ K = \frac{2}{\pi}\sigma\sqrt{\pi c}$$

$$K_{IC} = \frac{2}{\pi}\sigma\sqrt{\pi\left(c + \frac{1}{6\pi}\frac{\left(\frac{2}{\pi}\sigma\sqrt{\pi c}\right)^2}{{\sigma_0}^2}\right)}$$

$${K_{IC}}^2 = \frac{4}{\pi}\sigma^2 c\left(1 + \frac{2}{3\pi^2}\frac{\sigma^2}{{\sigma_0}^2}\right)$$

$$\frac{8c}{3\pi^3{\sigma_0}^2}\sigma^4 + \frac{4c}{\pi}\sigma^2 - {K_{IC}}^2 = 0$$

$$\frac{8*150*10^{-6}}{3\pi^3(707*10^6)^2}\sigma^4 + \frac{4*150*10^{-6}}{\pi}\sigma^2 - (45*10^6)^2 = 0$$

$$\sigma^2 = 9.6 * 10^6 \qquad \Longrightarrow \qquad \sigma = 3100\ MPa$$

۳. لوله‌ای فولادی به قطر $200\ mm$ و ضخامت $10\ mm$ حامل سیالی با فشار $40\ MPa$ می‌باشد. در صورتی که استحکام تسلیم این فولاد $750\ MPa$ و چقرمگی شکست آن $20\ MPa\sqrt{m}$ باشد.

a. طول ترک سطحی بحرانی که در راستای محور لوله قرارگرفته است (صفحه ترک عمود بر محور حلقوی لوله) را محاسبه نمایید.

b. طول ترک سطحی بحرانی که در راستای عمود بر محور لوله قرارگرفته است (صفحه ترک عمود بر محور طولی لوله) را محاسبه نمایید.

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{pr}{t} \qquad \Longrightarrow \qquad \sigma_{\theta\theta} = \frac{40*0.1}{0.01} = 400\ MPa$$

$$\sigma_l = \frac{pr}{2t} \qquad \Longrightarrow \qquad \sigma_l = \frac{40*0.1}{2*0.01} = 200\ MPa$$

$$K_{IC} = \sigma\sqrt{\pi c} \qquad \Longrightarrow \qquad c = \frac{1}{\pi}\frac{{K_{IC}}^2}{\sigma^2}$$

a) $c = \frac{1}{\pi}\frac{20^2}{400^2} = 795\ \mu m$

b) $c = \frac{1}{\pi}\frac{20^2}{200^2} = 3.2\ mm$