

Primjer 1B - Usporedba kotlastog, PKR i CR reaktora s obzirom na brzinu dovođenja/odvođenja topline razvijene kemijskog reakcijom

Reakcija $A \rightarrow B$, $r_A = k C_A$

provodi se u reaktoru volumena $V = 5 \text{ dm}^3$ uz $C_{A0} = 2 \text{ mol/dm}^3$ te pri temperaturi od 300 K. Kojom brzinom treba odvoditi toplinu da reaktor može raditi izotermno pri $T = 300 \text{ K}$ uz 95 % tnu konverziju:

- a) u kotlastom reaktoru,
- b) u PKR-u i
- c) u CR-u?

Zadano je sljedeće:

$$k = 2 \text{ min}^{-1}$$

$$\Delta H_r = -30 \text{ kcal/mol}$$

$$V = 5 \text{ dm}^3$$

$$C_{A0} = 2 \text{ mol/dm}^3$$

$$T_0 = 300 \text{ K}$$

$$X_A = 95 \%$$

Osnovne bilance:

$$V \frac{dC_A}{dt} = -V r_A$$

$$V \rho C_p \frac{dT}{dt} = V(-\Delta H_r) r_A - U A_s (T - T_c)$$

Sređivanjem:

$$\frac{dC_A}{dt} = -r_A$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(-\Delta H_r)}{\rho C_p} r_A - \frac{U A_s}{V \rho C_p} (T - T_c)$$

a) Kotlasti reaktor u izotermnom radu

$$V \rho C_p \frac{dT}{dt} = 0$$

$$V(-\Delta H_r) r_A = \dot{Q}(t)$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k C_A$$

$$C_A = C_{A0} e^{-kt}$$

$$\dot{Q}(t) = V(-\Delta H_r)kC_{A0}e^{-kt} = 5dm^3 \cdot 30 \frac{kcal}{mol} 2 \frac{1}{min} 2 \frac{mol}{dm^3} e^{-2t}$$

$$\dot{Q}(t) = 600e^{-2t} \frac{kcal}{min}$$

Uz $X_A = 95\%$ slijedi:

$$C_A = C_{A0}(1 - X_A) = C_{A0}e^{-kt}$$

$$t = \frac{\ln(1 - X_A)}{-k} = \frac{\ln(1 - 0,95)}{-2} = 1,498 \text{ min}$$

$$\dot{Q}(t)_{\text{prosj.}} = \frac{1}{\Delta t} \int_0^t \dot{Q}(t) dt = \frac{1}{1,498} \int_0^{1,498} 600e^{-2t} dt = 190 \frac{kcal}{min}$$

b) PKR u izotermnom radu uz $X_A = 95\%$

$$\dot{Q}(\tau) = V(-\Delta H_r)kC_A = 5dm^3 \cdot 30 \frac{kcal}{mol} 2 \frac{1}{min} 0,1 \frac{mol}{dm^3}$$

$$\dot{Q}(\tau) = 30 \frac{kcal}{min}$$

(konstantno uklanjanje topline)

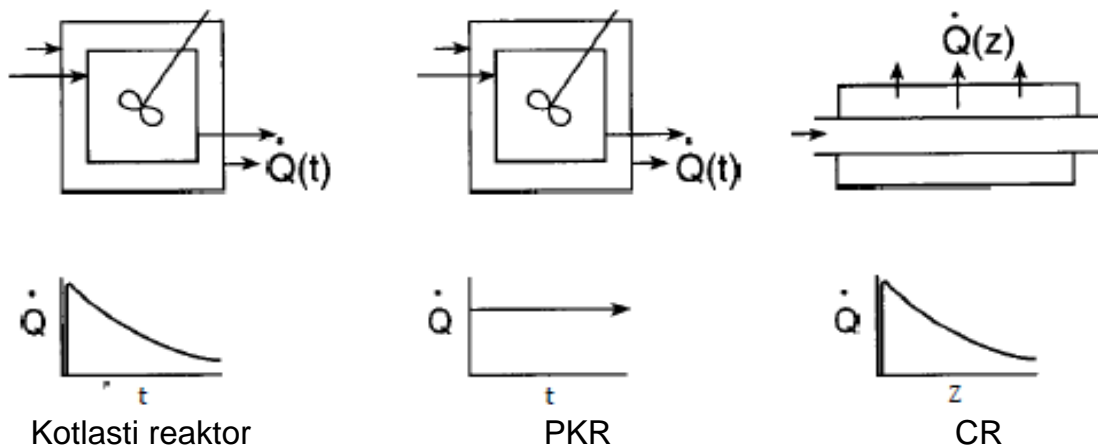
c) CR u izotermnom radu uz $X_A = 95\%$

\Rightarrow isto kao u kotlastom reaktoru, samo se varijabla t zamijeni s varijablom τ

$$\dot{Q}(\tau) = 600e^{-2\frac{\tau}{u}} \frac{kcal}{min}$$

$$\tau = \frac{z}{u}$$

U ovom slučaju (CR) uklanjanje topline zavisi o položaju unutar reaktora, z .



Kada bi reakcija bila endotermna u prethodnom izrazu bismo imali negativan predznak. Prema tome kotlasti reaktor zahtijeva programiranje $\dot{Q}(t)$, a cijevni reaktor za izoteran rad zahtijeva ili jako velik produkt UA_c (da se osigura $T(z)$) ili programiranje $\dot{Q}(z)$.

PKR radi s konstantnom vrijednošću \dot{Q} , jer je temperatura jednolika u svakoj točki reaktora pri danim uvjetima i pri stacionarnom radu \dot{Q} ne zavisi o vremenu. Zbog toga je PKR mnogo jednostavnije dizajnirati za stabilnu izmjenu topline. Za PKR su karakteristične i nešto veće vrijednosti koeficijenta prijenosa topline s obzirom da se s miješanjem povećava konvektivni prijenos topline, pa je stoga i ukupni koeficijent prijenosa topline, U često viši u PKR-u.

S obzirom da je generiranje topline reakcijom proporcionalno volumenu reaktora i grijanje/hlađenje će biti proporcionalno s površinom izmjene topline A . Zbog toga je kod velikih reaktora teško postići izoteran rad i stoga veliki reaktori često rade adijabatski. Proračun adijabatskih reaktora izuzetno je važan zbog sigurnosnih razloga, posebice kod egzotermnih reakcija.