

## IZBOR REAKTORA I TOPLINSKI UČINCI

S obzirom na iznose reakcijske entalpije i energije aktivacije, mogu se reakcijski sustavi grubo svrstati u tri grupe:

- a) **Reakcije koje nisu osjetljive na promjenu temperature**, tj. one koje općenito imaju manje iznose reakcijske entalpije i male energije aktivacije. Primjeri za to su razne organske sinteze, posebice u otapalu a zatim i reakcije u biološkim sustavima. Adijabatski način rada je najbolje rješenje uz predgrijavanje ulazne smjese ako je potrebno.
  
- b) **Reakcije koje su umjereno osjetljive na promjenu temperature**, što znači s prosječnim vrijednostima reakcijskih entalpija i energijama aktivacije. I za te reakcije treba kao jednu od alternativa razmotriti adijabatski način rada
  
- c) **Reakcije koje su vrlo osjetljive na promjenu temperature**, odnosno koje imaju veće iznose reakcijskih entalpija i energija aktivacije. Za ove reakcije potrebno je kontinuirano odvođenje ili dovođenje topline tijekom same reakcije. Kao primjer može se navesti jedan od tipova reaktora za sintezu amonijaka.

## Temperaturna osjetljivost reakcija

adijabatskom značajkom (adijabatski porast temperature),

$$A_f = \frac{\Delta H_r C_{A_0} v_s}{C_{p_s}} = \frac{\Delta H_r Y_{A_0}}{C_{p_s}}$$

temperaturnom osjetljivosti i

$$O_f = \frac{dr_A}{r_A dT} = \frac{E_a}{R_g T^2}$$

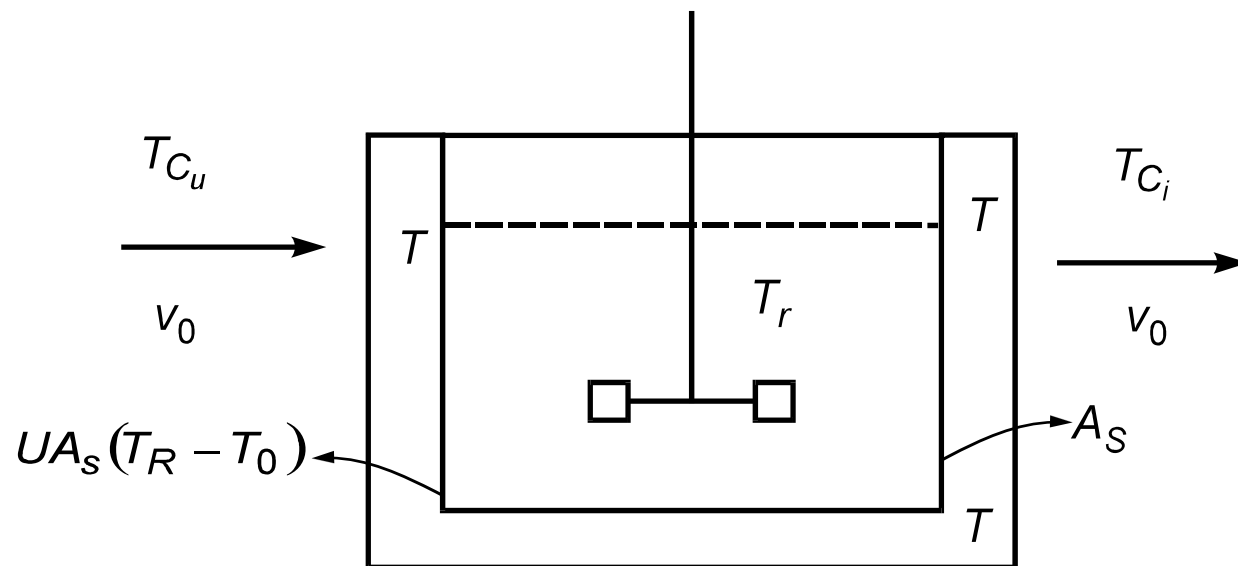
toplinskim potencijalom.

$$P_t = \frac{\Delta H_r Y_{A_0} E_a}{C_{p_s} T_0^2}$$

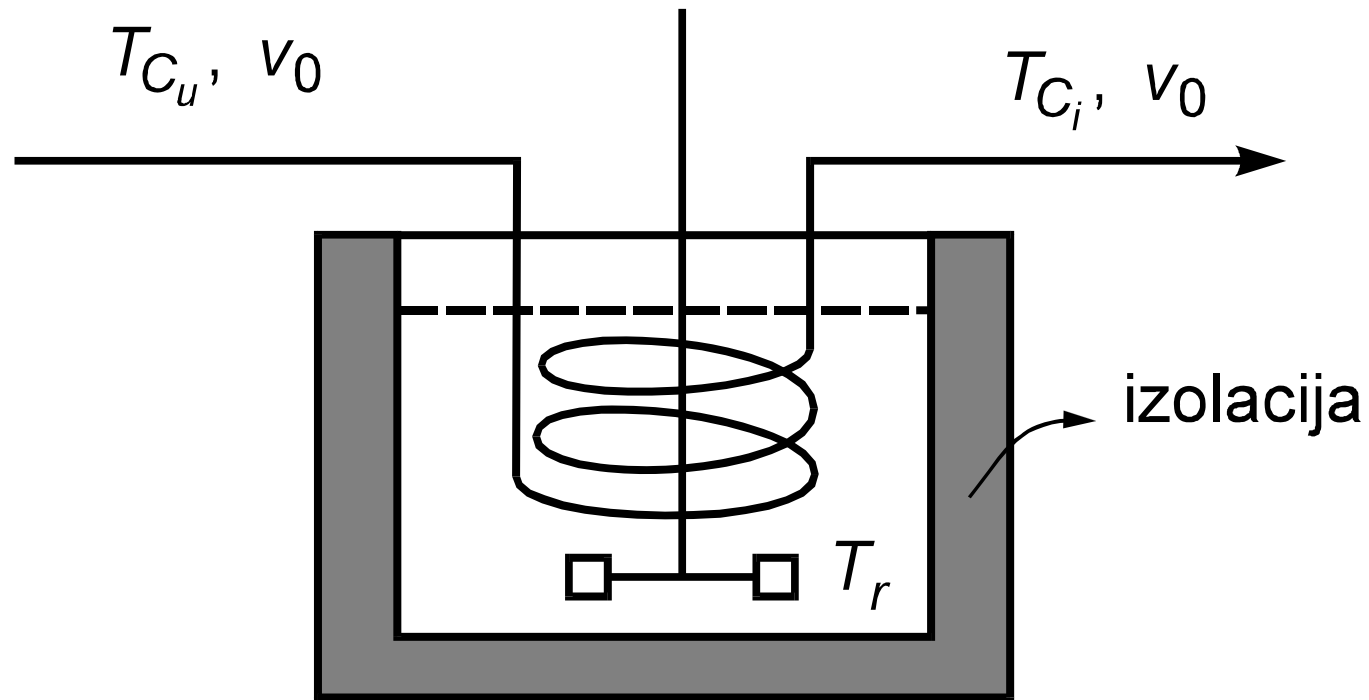
## KOTLASTI REAKTORI

Osnovna bilanca topline predočena je relacijom

$$G_t c_p \frac{dT}{dt} = \Delta H_r r_A V + Q_r$$



$$Q_r = UA_s (T_0 - T_r)$$



$$Q_r = \int_0^L UA_s (T_c - T_r) dz$$

$$r_A = n_{A_0} \frac{dX_A}{dt}$$

$$G_t c_p (T - T_0) + \Delta H_r n_{A_0} X_A = \int_0^t Q_r dt$$

Adijabatski rad

$$T_0 - T = \frac{\Delta H_r n_{A_0}}{G_t c_p} X_A$$

$$T_0 - T = A_f = \frac{\Delta H_r n_{A_0}}{G_t c_p}$$

Izotermni rad

$$\Delta H_r n_{A_0} X_A = \int_0^t Q_r dt$$

## PROTOČNI KOTLASTI REAKTORI (PKR i PKRn)

Opća bilanca topline dana je izrazom

$$\frac{(T - T_u)(Q_{r_i} - Q_{r_u})}{G(t)c_p} + \frac{\Delta H_r r_A}{\rho(t)c_p} + \frac{UA_s(t)}{G(t)c_p}(T_0 - T) = \frac{dT}{dt}$$

bilanca topline reaktora u stacionarnom stanju je

$$Q_{r_0} c_p (T_u - T) + \Delta H_r r_A V + UA_s (T - T_0) = 0$$

$$v_0 \rho c_p (T_u - T) + \Delta H_r r_A V + UA_s (T - T_0) = 0$$

ako se reakcija vodi adijabatski, tada nema prijenosa topline u okolinu pa je tada

$$T_u - T = \frac{\Delta H_r}{v_0 \rho c_p} V r_A = \frac{\Delta H_r}{G c_p} V r_A$$

ako se brzina reakcije prevede u oblik,

$$r_A = \frac{C_{A_0} X_A}{\frac{V}{v_0}}$$

i uvrsti dobiva se

$$T = T_u - \frac{\Delta H_r X_A C_{A_0}}{\rho}$$

## Bilanca topline za medij koji prenosi toplinu

Prijenos topline kroz plašt. Pretpostavlja se idealno miješanje tj. temperatura je svuda jednaka u plaštu.

$$Q_m c_p (T_u - T_p) + Q_r = G_p c_p \frac{dT}{dt}$$

$$Q_r = UA_s (T_p - T_r)$$

U izotermnom radu toplina prenijeta kroz plašt mora biti jednaka reakcijskoj entalpiji, odnosno

$$Q_{mg} c_p (T_u - T_p) = UA_s (T_p - T_r) = \Delta H_r r_A V$$

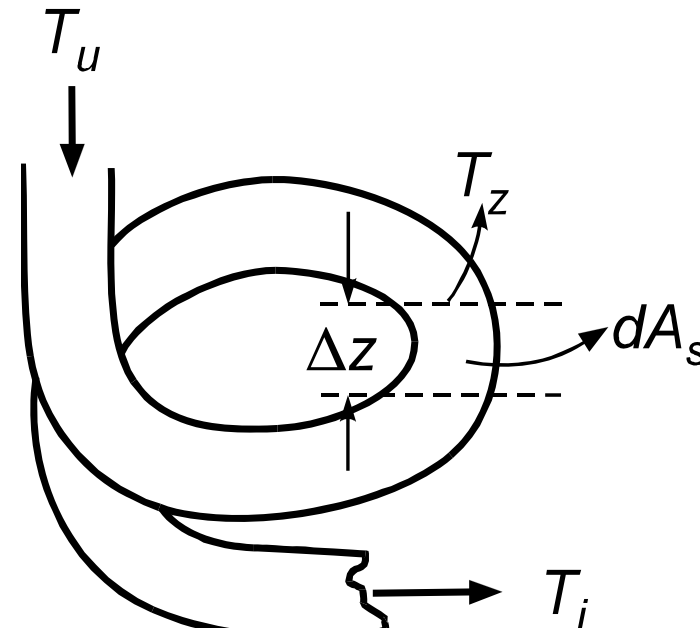


Prijenos topline kroz zmijaču. Pretpostavlja se idealno strujanje medija za prijenos topline kroz zmijaču pa je bilanca

$$Q_{m_z} c_p \frac{\partial T}{\partial z} + q_r = G_z c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Ovdje je s  $q_r$  označena topline koja se prenese kroz jediničnu površinu, odnosno površinu stjenke zmijače dužine  $dz$ . Prema tome, ukupna topline prenijeta na medij u zmijači dana je izrazom

$$Q_r = \int_0^L q_r dz = \int_0^L UA_s (T_z - T_r) dz$$



1.) U kotlastom reaktoru vodi se adijabatski endotermna reakcija prvog reda oblika



Početna temperatura reakcijske smjese iznosi  $90^{\circ}\text{C}$  a reakcija se prekida nakon 60 minuta. Potrebno je izračunati konačnu temperaturu u reaktoru kao i postignutu konverziju. Poznati su sljedeći podaci o reaktorskom sustavu:

- Ukupna masa reakcijske smjese,  $G_t = 250 \text{ kg}$
- Reakcijska entalpija,  $\Delta H_r = 80 \text{ kJ mol}^{-1}$
- Početni koncentracija reaktanta A,  $c_{A0} = 2.5 \text{ mol dm}^{-3}$
- Konstanta brzine reakcije na konačnoj temperaturi,  $k = 0.03 \text{ min}^{-1}$
- Gustoća reakcijske smjese,  $\rho_s = 850 \text{ kg m}^{-3}$
- Srednji toplinski kapacitet,  $c_{ps} = 3.6 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

## 2.) Endotermna reakcija drugog reda



vodi se u kapljevitoj fazi adijabatski u protočnom kotlastom reaktoru (PKR). Potrebno je izračunati temperaturu u reaktoru ako je ulazni volumni protok,  $v_0 = 8 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$  a temperatura ulazne smjese je  $95 \text{ }^\circ\text{C}$ . Poznati su sljedeći podaci o reaktorskom sustavu:

- Volumen reaktora,  **$V = 250 \text{ dm}^3$**
- Koncentracija reaktanta A na ulazu u reaktor,  **$c_{A0} = 3 \text{ mol dm}^{-3}$**
- Reakcijska entalpija,  **$\Delta H_r = 55 \text{ kJ mol}^{-1}$**
- Konstanta brzine reakcije,  **$k = 0.18 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$**
- Gustoća reakcijske smjese,  **$\rho_s = 850 \text{ kg m}^{-3}$**
- Srednji toplinski kapacitet,  **$c_{ps} = 3.5 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$**

### 3.) Egzotermna reakcija u kapljevitoj fazi,



vodi se izotermno u protočno kotlastom reaktoru. Toplina se odvodi iz reaktora hlađenjem vodom kroz plašt. Potrebno je izračunati protok rashladne vode kroz plašt reaktora kako bi se zadržala stalna temperatura reakcijske smjese od  $60^{\circ}\text{C}$ , uz 80% konverziju reaktanta A.

Poznati su sljedeći podaci o reaktorskom sustavu:

- Volumen reakcijske smjese,  $V=100 \text{ dm}^3$
- Volumni protok,  $v_0=3 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$
- Površina hlađenja,  $A_p=63 \text{ dm}^2$
- Ulazna koncentracija reaktanta A,  $c_{A0}=1.5 \text{ mol dm}^{-3}$
- Ukupni koeficijent prijenosa topline kroz stijenku plašta,  $U=60 \text{ W dm}^{-2} \text{ K}^{-1}$
- Ulazna temperatura rashladne vode,  $T_v^0=15^{\circ}\text{C}$
- Toplinski kapacitet vode,  $c_{pv}=4.18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- Reakcijska entalpija,  $\Delta H_r = -80 \text{ kJ mol}^{-1}$