

سینتیک و طرح راکتورهای شیمیایی

۱- عامل مهم در طراحی راکتور برای واکنش‌های منفرد کدام است؟

- (۱) اندازه راکتور و توزیع محصول
(۲) اندازه راکتور
(۳) توزیع محصول
(۴) بستگی به نوع واکنش و راکتور دارد.

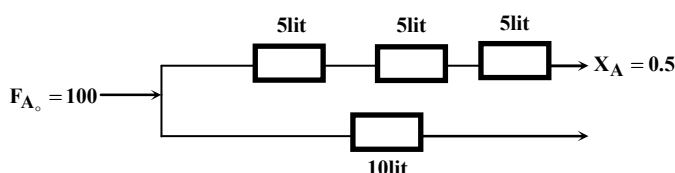
۲- از سه راکتور لوله‌ای پشت سرهم ($V_1 = 10, V_2 = V_3 = 20 \text{ lit}$) برای انجام واکنش با سینتیک $-r_A = 0.1 C_A$ با خوراک خالص A به غلظت ۹ مولار استفاده شده است. اگر دبی خوراک ورودی به راکتور اول ۲۵ مول بر دقیقه باشد. درصد تبدیل کدام است؟ ($\ln 2/5 = 0.9$)

(۱) ۰/۱۶ (۲) ۰/۲ (۳) ۰/۸۴ (۴) ۰/۶

۳- برای اینکه از تعدادی راکتور که بصورت موازی متصل هستند، میزان بهره‌وری بیشتری داشته باشیم باید:

(۱) از جریان‌ها با درجه تبدیل متفاوت استفاده شود.
(۲) از راکتورهایی با حجم یکسان استفاده شود.
(۳) دبی مولی ورودی به تمام راکتورها یکسان باشد.
(۴) نسبت حجم به دبی مولی در تمام راکتورها یکسان باشد.

۴- در سیستم راکتورهای لوله‌ای موازی زیر کدام گزینه صحیح است؟



$$F_{A_{01}} = 40, F_{A_{02}} = 60 \quad (۱)$$

$$F_{A_{01}} = 50, F_{A_{02}} = 50 \quad (۲)$$

$$F_{A_{01}} = 60, F_{A_{02}} = 40 \quad (۳)$$

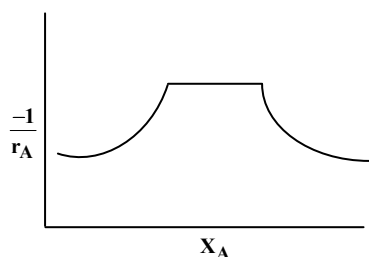
$$F_{A_{01}} = 30, F_{A_{02}} = 70 \quad (۴)$$

۵- برای انجام واکنشی با $k = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{lit} \cdot \text{min}}$ از ۴ راکتور همزن‌دار هم حجم سری برای رسیدن به میزان تبدیل ۶۰ درصد، استفاده شده است.

خوراک ورودی شامل A خالص $C_{A_0} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ و با شدت $10 \frac{\text{mol}}{\text{min}}$ می‌باشد. غلظت خروجی از راکتور سوم چند است؟

(۱) ۰/۴۵ (۲) ۰/۵ (۳) ۰/۶۵ (۴) ۰/۸

۶- اگر نمودار منحنی تغییرات $\frac{1}{-r_A}$ نسبت به X_A به شکل زیر باشد. کدام گزینه بهترین ترتیب راکتورها است؟



- (۱) لوله‌ای پیوسته، مخلوط شونده، مخلوط شونده
(۲) مخلوط شونده، لوله‌ای پیوسته، مخلوط شونده
(۳) مخلوط شونده، مخلوط شونده، لوله‌ای پیوسته
(۴) لوله‌ای پیوسته، مخلوط شونده، لوله‌ای پیوسته

۷- برای انجام واکنش درجه ۲ در داخل دو راکتور مخلوط شونده با حجم‌های ($V_1 = 10, V_2 = 25 \text{ lit}$) و یک راکتور لوله‌ای با حجم $V_3 = 15 \text{ lit}$ از چه ترتیبی جهت دست یافتن به میزان تبدیل بالا استفاده می‌شود؟

- (۱) ابتدا راکتور با حجم ۱۰ لیتر سپس ۱۵ لیتر و در نهایت راکتور با حجم ۲۵ لیتر
(۲) ابتدا راکتور با حجم ۱۰ لیتر سپس ۱۵ لیتر و در نهایت راکتور با حجم ۱۵ لیتر
(۳) ابتدا راکتور با حجم ۱۰ لیتر سپس ۲۵ لیتر و در نهایت راکتور با حجم ۱۵ لیتر
(۴) ابتدا راکتور با حجم ۱۵ لیتر سپس ۲۵ لیتر و در نهایت راکتور با حجم ۱۰ لیتر

۸- واکنش با معادله سرعت $-r_A = C_A^{0.5}$ قرار است در سیستمی که شامل یک راکتور مخلوط شونده با حجم ۲۰ لیتر و یک راکتور لوله‌ای با حجم ۴۰ لیتر که بصورت سری به هم متصل هستند، انجام شود. خوراک ورودی با شدت ۲۰ لیتر بر دقیقه و با غلظت ۲ مول بر لیتر می‌باشد. بیشترین میزان تبدیل به دست آمده کدام است؟

- (۱) ۵۰ (۲) ۶۰ (۳) ۸۰ (۴) ۱۰۰

۹- واکنش درجه اول در فاز مایع در یک راکتور مخلوط شونده انجام می‌گیرد. خوراک خالص ورودی با غلظت ۱ مول بر لیتر و با شدت ۱۰ لیتر بر دقیقه وارد راکتور می‌شود. میزان تبدیل در این واکنش ۷۰ درصد می‌باشد. اگر از یک جریان برگشتی برابر با ۴ استفاده شود، در صد تبدیل چند می‌شود؟
 (۱) ۵۰ (۲) ۶۰ (۳) ۷۰ (۴) ۸۰

۱۰- در نسبت جریان برگشتی بهینه:

- (۱) میزان تبدیل به بالاترین مقدار خود می‌رسد.
 (۲) حجم راکتور حداقل می‌شود.
 (۳) غلظت در راکتور کم می‌شود.
 (۴) تاثیر جریان برگشتی بیشتر است.

۱۱- در یک راکتور لوله‌ای واکنش در حجم ثابت با معادله سرعت $-r_A = C_A^2$ انجام می‌شود. حجم راکتور لازم برای دستیابی به تبدیل ۷۵ درصد چقدر است؟ (خوراک خالص برابر با ۲ مولار و با شدت جریان ۲۰ مول بر دقیقه است. جریان برگشتی ۲ می‌باشد).
 (۱) ۶۰ (۲) ۳۰ (۳) ۲۰ (۴) ۴۰

۱۲- جریانی با دبی خوراک ۳۰ لیتر بر دقیقه وارد سیستمی با دو راکتور لوله‌ای به حجم‌های ۱۰ و ۱۵ لیتر می‌شود و بصورت موازی به هم متصل هستند. سرعت واکنش $-r_A = 3 \frac{\text{mol}}{\text{lit.min}}$ می‌باشد. هدف رسیدن به تبدیل ۸۰ درصد می‌باشد. غلظت اولیه خوراک به کدام گزینه نزدیکتر است؟
 (۱) ۲/۵ (۲) ۲/۲۵ (۳) ۳/۲۵ (۴) ۳/۵

۱۳- راکتور مخلوط شونده پشت سر هم در نظر بگیرید که حجم هر یک V می‌باشد. زمان متوسط اقامت سیال برای واکنش درجه اول برگشت‌ناپذیر در داخل کل سیستم کدام است؟

$$\tau = \frac{N}{k} \left[\left(\frac{C_0}{C_N} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right] \quad (۱) \quad \tau = \frac{N}{k} \left[\left(\frac{C_0}{C_N} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right] \quad (۲) \quad \tau = \frac{k}{N} \left[\left(\frac{C_0}{C_N} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right] \quad (۳) \quad \tau = \frac{k}{N} \left[\left(\frac{C_0}{C_N} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right] \quad (۴)$$

۱۴- از دو راکتور مخلوط شونده سری هم حجم با حجم ۱۵ لیتر برای انجام واکنشی با سرعت $-r_A = kC_A$ برای رسیدن به تبدیل ۷۵% استفاده شده است. مقدار خوراک خالص ورودی ۳۰ مول بر دقیقه می‌باشد. سرعت واکنش در راکتور اول چند $\frac{\text{mol}}{\text{lit.min}}$ می‌باشد؟
 (۱) ۰/۲۵ (۲) ۰/۵ (۳) ۱ (۴) ۲

۱۵- واکنش درجه ۲ با خوراک مایع محتوی A خالص به غلظت ۱۰ مولار در یک راکتور دوره‌ای با جریان برگشتی $R = 2$ انجام می‌شود. میزان تبدیل ۶۰ درصد است. اگر جریان برگشتی بسته شود میزان تبدیل چقدر می‌شود؟
 (۱) ۴۰ (۲) ۵۰ (۳) ۶۰ (۴) ۷۰

سینتیک و طرح راکتورهای شیمیایی

۱ - گزینه «۲»

مهمترین عامل از نظر اقتصادی برای طراحی راکتور مناسب اندازه راکتور و توزیع محصول است. در واکنش‌های منفرد توزیع محصول ثابت و معین است بنابراین تنها عامل مهم در طراحی این سیستم اندازه راکتور است.

۲ - گزینه «۳»

$$k\tau = -\ln(1 - x_N)$$

$$k \times \frac{VC_{A_0}}{F_{A_0}} = 0.1 \times \frac{(20 + 20 + 10) \times 9}{25} = 1/8$$

$$1/8 = -\ln(1 - x_N) \rightarrow 2 \times 0.9 = 2 \times \ln(2/5) = -2 \times \ln(0.4) = \ln(0.16) - \ln(1 - x_N) \rightarrow 1 - x_N = 0.16 \rightarrow x_N = 0.84$$

۳ - گزینه «۴»

برای اینکه از تعدادی راکتور که بصورت موازی متصل هستند میزان بهره‌وری بیشتری داشته باشیم باید از مخلوط کردن جریان‌ها با درجه تبدیل متفاوت خودداری نمود که به این منظور باید نسبت حجم به دبی مولی در تمام شاخه‌ها یکسان باشد.

۴ - گزینه «۳»

$$F_{A_{o1}} + F_{A_{o2}} = 100$$

$$\frac{F_{A_{o1}}}{15} = \frac{100 - F_{A_{o1}}}{10} \rightarrow F_{A_{o1}} = 60, F_{A_{o2}} = 40$$

۵ - گزینه «۱»

با توجه به واحد k ، واکنش درجه صفر است، با فرض یکسان بودن حجم راکتورها، برای واکنش درجه صفر داریم:

$$x_N = x_o + N \frac{k\tau}{C_o}, x_o = 0 \rightarrow \begin{cases} x_4 = 4 \frac{k\tau}{C_o} \\ x_3 = 3 \frac{k\tau}{C_o} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{x_4}{x_3} = \frac{4}{3} \rightarrow x_3 = \frac{3}{4} \times 0.6 = 0.45$$

۶ - گزینه «۱»

در قسمت اول نمودار صعودی است بنابراین برای پایین بودن حجم راکتور بهتر است از راکتور لوله‌ای استفاده کرد. قسمت دوم ثابت است بنابراین فرقی ندارد از چه راکتوری استفاده می‌شود. قسمت سوم نزولی است و از راکتور مخلوط شونده بهتر است استفاده شود.

۷ - گزینه «۴»

درجه واکنش بزرگتر از ۱ است بنابراین ابتدا باید از راکتور لوله‌ای و سپس راکتورهای مخلوط شونده از کوچک به بزرگ استفاده شود.

۸ - گزینه «۴»

چون درجه واکنش کوچکتر از ۱ است، برای اینکه به میزان تبدیل بالایی دست یابیم خوراک ابتدا وارد راکتور مخلوط شونده شده و سپس وارد راکتور لوله‌ای می‌شود.

$$\tau_1 = \frac{C_{A_0} - C_{A_1}}{-r_{A_1}}, \quad \tau_1 = \frac{V}{v} = \frac{\tau_0}{\tau_0} = 1 \rightarrow 1 = \frac{\tau - C_{A_1}}{C_{A_1}^{\frac{1}{\tau}}} \rightarrow C_{A_1} = 1$$

برای راکتور لوله‌ای:

$$\tau = -\int_{C_{A_1}}^{C_{A_2}} \frac{dC_A}{-r_A} = -\int_{C_{A_1}}^{C_{A_2}} \frac{dC_A}{\frac{1}{C_A^{\frac{1}{\tau}}}} = -\tau(\sqrt{C_{A_2}} - \sqrt{C_{A_1}})$$

$$\tau = \frac{V}{v} = \frac{\tau_0}{\tau_0} = \tau, \quad \tau = \tau(1 - \sqrt{C_{A_2}}) \rightarrow C_{A_2} = 0 \rightarrow x_A = 100\%$$

۹ - گزینه «۳»

جریان برگشتی در راکتور مخلوط شونده اثری بر میزان تبدیل ندارد.

۱۰ - گزینه «۲»

یک نسبت برگشتی بهینه که حجم راکتور و یا زمان پر شدن را در یک راکتور دوره‌ای به حداقل تقلیل می‌رساند.

۱۱ - گزینه «۲»

برای واکنش با حجم ثابت:

$$\tau = \frac{C_{A_0} V}{F_{A_0}} = -(R+1) \int_{\frac{C_{A_0} + RC_{A_f}}{R+1}}^{C_{A_f}} \frac{dC_A}{-r_A} = -\tau \int_{\frac{C_{A_0} + RC_{A_f}}{R+1}}^{C_{A_f}} \frac{dC_A}{C_A^{\frac{1}{\tau}}} = \tau \left(\frac{1}{C_{A_f}} - \frac{\tau}{\tau + \tau C_{A_f}} \right)$$

$$C_{A_f} = C_{A_0} (1 - x_{A_f}) = \tau(1 - 0.75) = 0.25$$

$$\tau = \tau \left(\frac{1}{0.25} - \frac{\tau}{\tau + 1} \right) = \tau, \quad \tau = \frac{\tau \times V}{\tau_0} \rightarrow V = \tau_0 \text{ lit}$$

۱۲ - گزینه «۳»

$$\frac{V_1}{F_{A_{o1}}} = \frac{V_r}{F_{A_{or}}}, \quad \frac{F_{A_{or}}}{F_{A_{o1}}} = \frac{V_r}{V_1} = \frac{1\Delta}{1\circ} = 1/\Delta$$

$$v = \frac{F_{A_o}}{C_{A_o}} \rightarrow \frac{v_{or}}{v_{o1}} = 1/\Delta, \quad v_{or} + v_{o1} = v_o \Rightarrow v_{o1} = 1r, \quad v_{or} = 1\Delta$$

$$\frac{C_{A_o} x_A}{-r_A} = \frac{C_{A_o} \times o/\Delta}{r} = \frac{1\circ}{1r} \rightarrow C_{A_o} = r/1r\Delta \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$$

۱۳ - گزینه «۲»

$$\frac{1}{1-x_N} = (1+k\tau)^N$$

$$C_N = C_o(1-x_N) \rightarrow \frac{1}{1-x_N} = \frac{C_o}{C_N} \rightarrow \frac{C_o}{C_N} = (1+k\tau)^N \rightarrow 1+k\tau = \left(\frac{C_o}{C_N}\right)^{\frac{1}{N}}$$

$$\tau = \frac{1}{k} \left[\left(\frac{C_o}{C_N}\right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right], \quad N\tau = \frac{N}{k} \left[\left(\frac{C_o}{C_N}\right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right]$$

۱۴ - گزینه «۳»

$$\frac{1}{1-x_N} = (1+k\tau)^N$$

$$\frac{1}{1-o/\Delta} = (1+k\tau)^r \rightarrow r = k\tau + 1 \rightarrow k\tau = 1$$

$$\frac{1}{1-x_{A_1}} = (1+k\tau)^1 \rightarrow x_{A_1} = o/\Delta$$

$$k\tau = \frac{kVC_{A_o}}{F_{A_o}}, \quad 1 = \frac{1\Delta kC_{A_o}}{r_o} \rightarrow kC_{A_o} = r$$

$$-r_{A_1} = kC_{A_o}(1-x_{A_1}), \quad -r_{A_1} = r \times (1-o/\Delta) = 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit.min}}$$

$$\frac{V}{F_{A_0}} = (R + 1) \int_{x_{A_1}}^{x_{A_f}} \frac{dx_A}{-r_A}$$

$$x_{A_1} = \frac{R}{R + 1} x_{A_f} = \frac{2}{3} \times 0.6 = 0.4, C_A = C_{A_0} (1 - x_A)$$

$$\frac{V}{F_{A_0}} = (2 + 1) \int_{0.4}^{0.6} \frac{dx_A}{k C_{A_0}^2 (1 - x_A)^2} = \frac{2}{k C_{A_0}^2} \left(\frac{1}{1 - x_A} \right)_{0.4}^{0.6} \xrightarrow{F_{A_0} = C_{A_0} \times V} k C_{A_0} \tau = \left(\frac{1}{0.4} - \frac{1}{0.6} \right) = 2.5$$

$$R = 0 \Rightarrow \tau = C_{A_0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{-r_A} = C_{A_0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{k C_{A_0}^2 (1 - x_A)^2} k C_{A_0} \tau = \left(\frac{1}{1 - x_A} - 1 \right) = 2.5 \Rightarrow x_A = 0.4$$