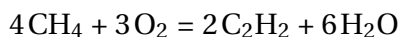
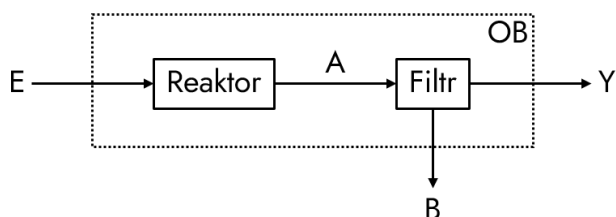


Otrzymywanie acetyleny

Do wytwarzania acetyleny, waznego surowca w wielu syntezach organicznych, stosuje się m.in. proces półspalania metanu, w którym zachodzi reakcja:



Uproszczony schemat instalacji:

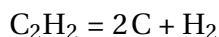


Rysunek 1: Strumienie reagentów do wytwarzania acetyleny w procesie półspalania

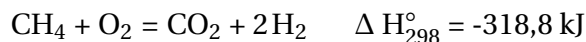
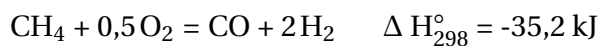
Proces produkcyjny składa się z trzech etapów:

1. mieszania metanu z tlenem w celu uzyskania jednorodnej mieszaniny tych gazów,
2. półspalania metanu z tlenem, podczas którego powstaje m.in. acetylen,
3. szybkiego ochładzania produktów reakcji zawierających acetylen.

W trakcie procesu obok acetyleny powstaje również duża ilość wodoru i tlenków węgla, które można wykorzystać jako gaz syntezowy do produkcji metanolu lub amoniaku. W procesie półspalania, prowadzonym w temperaturze powyżej 1400°C, zachodzi wiele innych reakcji, w których obok acetyleny i gazu syntezowego mogą powstawać m.in. etylen i sadza. Zachodzą także reakcje wtórne prowadzące do rozkładu wytworzonego acetyleny:



W celu zmniejszenia strat acetyleny produkty procesu ochładza się szybko przez wtrysk strumienia wody. Proces półspalania jest autotermiczny, przy czym ciepło wytwarza się podczas przebiegu silnie egzotermicznych reakcji metanu z tlenem:



W celu usunięcia wytworzonej sadzy produkty reakcji oczyszcza się na filtrze, w którym oddziela się także kondensat pary wodnej.

Stosowane wielkości

- Natężenia przepływu strumieni [kmol/h]:
 - CH_4 i O_2 , wchodzących w skład strumienia **E** wprowadzanego do reaktora $W_E[\text{CH}_4]$ i $W_E[\text{O}_2]$
 - sadzy i pary wodnej, wchodzących w skład strumienia **B** odprowadzanego z filtra $W_B[\text{C}]$ i $W_B[\text{H}_2\text{O}]$
 - tlenku i ditlenku węgla, wodoru, nieprzetworzonego metanu oraz acetylenu i etylenu, wchodzących w skład strumienia **Y** - $W_Y[\text{CO}]$, $W_Y[\text{CO}_2]$, $W_Y[\text{H}_2]$, $W_Y[\text{CH}_4]$, $W_Y[\text{C}_2\text{H}_2]$, $W_Y[\text{C}_2\text{H}_4]$.
- udział molowy wytworzonego w reaktorze acetylenu do sadzy:

$$n = \frac{W_Y[\text{C}_2\text{H}_2]}{W_B[\text{C}]}$$

- udział molowy acetylenu w strumieniu **Y**:

$$a = \frac{W_Y[\text{C}_2\text{H}_2]}{W_Y}$$

Założenia

1. Udział CH_4 i O_2 w strumieniu **E** wprowadzanym do reaktora wynosi odpowiednio 62% i 38%.
2. Stosunek molowy powstałego w reaktorze CO do nieprzetworzonego metanu:

$$\frac{W_Y[\text{CO}]}{W_Y[\text{CH}_4]} = 10$$

3. Stopień przemiany CH_4 w C:

$$\frac{W_B[\text{C}]}{W_E[\text{CH}_4]} = 0,02$$

4. Stosunek powstałej w reaktorze H_2O do CO:

$$\frac{W_B[\text{H}_2\text{O}]}{W_Y[\text{CO}]} = 1$$

5. Całkowity stopień przemiany metanu w reaktorze:

$$\frac{W_E[\text{CH}_4] - W_Y[\text{CH}_4]}{W_E[\text{CH}_4]} = 0,95$$

Cel zadania: Wyznaczyć zależność udziału molowego a acetyleny zawartego w strumieniu **Y** od wielkości stosunku molowego n acetyleny do sadzy w strumieniu **B**: $a = a(n)$.

Rozwiązanie:

Podstawa bilansu: Natężenie strumienia mieszaniny CH_4 i O_2 wprowadzanej do reaktora w strumieniu **E**: $W_E = 100 \text{ kmol/h}$.

Bilans masy w obszarze **OB**:

Przychód

Z założenia 1 wynika następujący skład gazu wprowadzanego do reaktora:

$$W_E[\text{CH}_4] = 62 \text{ kmol/h} \quad \text{i} \quad W_E[\text{O}_2] = 38 \text{ kmol/h}$$

Rozchód

Z założenia 5 wynika, że strumień nieprzetworzonego CH_4 wchodzącego w skład strumienia **Y** wynosi:

$$W_Y[\text{CH}_4] = 3,1 \text{ kmol/h}$$

Na podstawie założenia 2 obliczono:

$$W_Y[\text{CO}] = 31 \text{ kmol/h}$$

Na podstawie założenia 4 obliczono natężenie strumienia pary wodnej $W_B[\text{H}_2\text{O}]$ odprowadzanej w strumieniu **B**:

$$W_B[\text{H}_2\text{O}] = 31 \text{ kmol/h}$$

Na podstawie założenia 3 obliczono natężenie strumienia **C** wchodzącej w skład strumienia **B**:

$$W_B[\text{C}] = 1,24 \text{ kmol/h}$$

Definicja n umożliwiła obliczenie natężenia strumienia C_2H_2 wchodzącego w skład strumienia **Y**:

$$W_Y[\text{C}_2\text{H}_2] = 1,24n \text{ kmol/h}$$

Natężenie strumienia ditlenku węgla wytworzonego w reaktorze obliczono na podstawie pierwiastkowego bilansu tlenu $[\text{O}]$ w obszarze reaktora:

$$2W_E[\text{O}_2] = W_B[\text{H}_2\text{O}] + W_Y[\text{CO}] + 2W_Y[\text{CO}_2]$$

$$W_Y[\text{CO}_2] = 7 \text{ kmol/h}$$

Natężenie strumienia C_2H_4 wytworzonego w reaktorze obliczono na podstawie pierwiastkowego bilansu węgla [C]:

$$W_E[\text{CH}_4] = W_Y[\text{CH}_4] + W_B[\text{C}] + W_Y[\text{CO}] + W_Y[\text{CO}_2] - 2W_Y[\text{C}_2\text{H}_2] + 2W_Y[\text{C}_2\text{H}_4]$$

$$W_Y[\text{C}_2\text{H}_4] = 9,83 - 1,24n \text{ kmol/h}$$

Natężenie strumienia wodoru $W_E[\text{H}_2]$ wytworzonego w reaktorze do półspalania metanu obliczono z pierwiastkowego bilansu wodoru [H]:

$$4W_E[\text{CH}_4] = 4W_Y[\text{CH}_4] + 2W_Y[\text{C}_2\text{H}_2] + 4W_Y[\text{C}_2\text{H}_4] + 2W_B[\text{H}_2\text{O}] + 2W_Y[\text{H}_2]$$

$$W_Y[\text{H}_2] = 67,14 + 1,24n \text{ kmol/h}$$

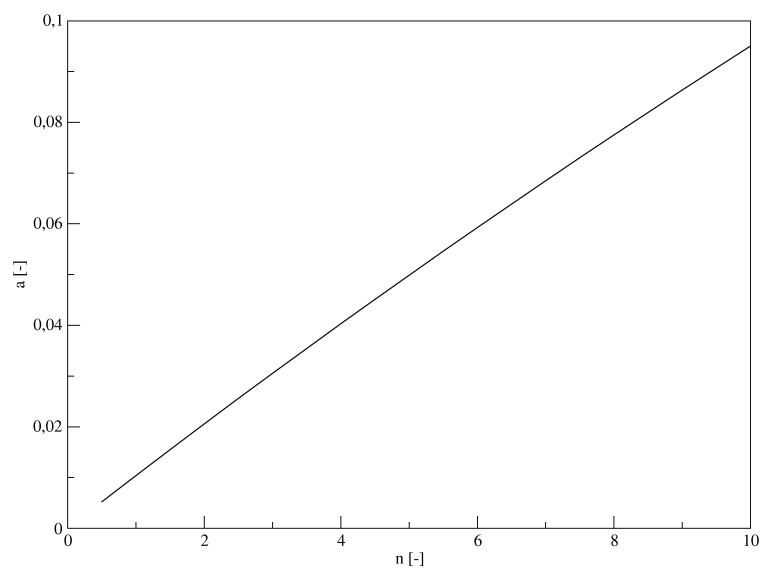
Bilans reaktora:

Tablica 1: Bilans masowy w obszarze **OB**

Przychód [kmol/h]		Rozchód [kmol/h]	
CH_4	62	CH_4	3,10
O_2	38	H_2O	31
		C	1,24
		C_2H_2	$1,24n$
		CO	31
		CO_2	7
		C_2H_4	$9,83 - 1,24n$
		H_2	$67,14 + 1,24n$
Suma przychodu	100	Suma rozchodu	$150,31 + 1,24n$

Zależność ułamka molowego acetylenu (a) w strumieniu Y od n obliczamy z zależności:

$$a = \frac{1,24n}{118,07 + 1,24n}$$



Rysunek 2: Zależność ułamka molowego wytworzonego acetyleny do stosunku molowego powstałego w reaktorze acetyleny do strumienia otrzymanej sadzy