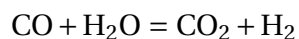


## Konwersja tlenku węgla z parą wodną

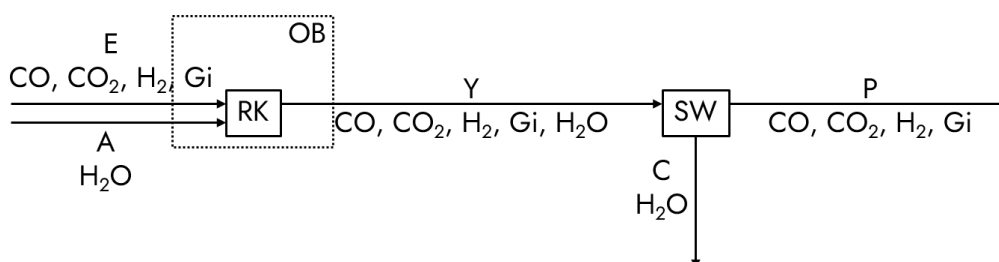
Głównymi składnikami gazów syntezowych, które otrzymuje się w procesie reformingu parowego węglowodorów lub zgazowania paliw stałych, są wodór i tlenki węgla. Zawierają one także gazy obojętne (oznaczone symbolem  $Gi$ ), których głównym składnikiem jest azot. W celu zwiększenia zawartości wodoru w gazach syntezowych przeprowadza się konwersję tlenku węgla z parą wodną



Jest to egzotermiczna reakcja odwracalna, którą prowadzi się w temperaturze 300-500°C przy użyciu katalizatorów stałych. Ze względu na odwracalność reakcji, w celu uzyskania odpowiedniego stopnia przemiany tlenku węgla, stosuje się znaczny nadmiar pary wodnej w stosunku do CO.

### Organizacja procesu

Uproszczony schemat instalacji do konwersji tlenku węgla parą wodną obejmuje reaktor **RK** i skraplacz pary wodnej **SW** (rys.1).



Rysunek 1: Uproszczony schemat instalacji do konwersji CO z parą wodną; RK - reaktor, SW - skraplacz pary wodnej.

### Stosowane wielkości

- $W[\text{CO}]$ ,  $W[\text{CO}_2]$ ,  $W[\text{H}_2]$ ,  $W[\text{Gi}]$  i  $W[\text{H}_2\text{O}]$  - natężenie przepływu strumieni odpowiednio CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, gazów obojętnych Gi oraz pary wodnej [kmol/h]; miejsce strumieni w instalacji wskazano na schemacie za pomocą indeksów
- $a$  - udział molowy składników strumieni [mol/mol]
- stopień przemiany CO:

$$x = \frac{W_E[\text{CO}] - W_Y[\text{CO}]}{W_E[\text{CO}]}$$

**Założenie:**

1. Proces konwersji tlenku węgla z parą wodną prowadzi się w instalacji przedstawionej na schemacie (rys. 1). Proces jest prowadzony w trybie ciągłym w warunkach stacjonarnych.
2. Skład strumienia **E** doprowadzanego do reaktora **RK** [mol/mol]: CO - 0,37; CO<sub>2</sub> - 0,04; H<sub>2</sub> - 0,34; Gi - 0,25.
3. Stosunek wielkości strumienia **A** pary wodnej doprowadzanej do reaktora **RK** do strumienia gazu **E** wynosi 1,5 mol/mol.
4. Stopień przemiany tlenku węgla w reaktorze **RK**:  $x = 0,9$  mol/mol.
5. W skraplaczu **SW** następuje całkowite usunięcie pary wodnej ze strumienia gazu.

**Cel zadania:**

Należy obliczyć skład strumienia gazu P odprowadzanego z instalacji.

**Rozwiązanie:**

**Podstawa bilansu:** Natężenie strumienia gazu E doprowadzanego do reaktora  $W_E = 100$  kmol/h

**Bilans masy w reaktorze RK (obszar OB)****Przychód**

Na podstawie założenia 2 i przyjętej podstawy bilansu można obliczyć natężenie przepływu składników strumienia E doprowadzanego do reaktora **RK**:

$$W_E[\text{H}_2] = 34$$

$$W_E[\text{CO}] = 37$$

$$W_E[\text{CO}_2] = 4$$

$$W_E[\text{Gi}] = 25$$

Z założenia 3 wynika wielkość strumienia **A** pary wodnej doprowadzanej do reaktora **RK**:

$$W_A[\text{H}_2\text{O}] = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ kmol/h}$$

**Rozchód** Z założenia 4 wynika wielkość strumienia tlenku węgla zawartego w strumieniu **Y**

$$W_Y[\text{CO}] = W_E[\text{CO}] \cdot (1 - x)$$

$$W_Y[\text{CO}] = 37 \cdot (1 - 0,9) = 3,7 \text{ kmol/h}$$

Natężenie strumienia CO<sub>2</sub> w strumieniu **Y** można obliczyć, korzystając z równania pierwiastkowego bilansu węgla [C] w reaktorze **RK** (obszar OB):

$$W_E[\text{CO}] + W_E[\text{CO}_2] = W_Y[\text{CO}] + W_Y[\text{CO}_2]$$

Po podstawieniu obliczonych wartości otrzymuje się wynik:

$$W_Y[\text{CO}_2] = 37,3 \text{ kmol/h}$$

Natężenie strumienia pary wodnej w strumieniu **Y**,  $W_Y[\text{H}_2\text{O}]$ , można obliczyć, korzystając z równania pierwiastkowego bilansu tlenu [O] w reaktorze **RK** (obszar OB):

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

Po wprowadzeniu obliczonych wartości otrzymuje się wynik:

$$W_Y[\text{H}_2\text{O}] = 116,7 \text{ kmol/h}$$

Natężenie strumienia wodoru w strumieniu **Y** można obliczyć, korzystając z równania pierwiastkowego bilansu wodoru [H] w reaktorze **RK** (obszar OB):

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

Po podstawieniu odpowiednich wartości strumieni otrzymuje się wynik:

$$W_Y[\text{H}_2] = 67,3 \text{ kmol/h}$$

Bilans strumieni masy w obszarze reaktora **RK** przedstawiono w tab. 1. Zgodnie z założeniem 5, w strumieniu produktów gazowych **P** odprowadzanych z instalacji znajdują się wszystkie składniki strumienia **Y** z wyjątkiem pary wodnej:

$$W_P = W_Y - W_Y[\text{H}_2\text{O}] = 133,3 \text{ kmol/h} \quad (1)$$

Uwzględniając wynik (1), otrzymuje się następujący skład strumienia **P** zawierającego produkty odprowadzane z instalacji [mol/mol]:

$$a_{\text{CO}} = 0,03$$

$$a_{\text{CO}_2} = 0,28$$

$$a_{\text{H}_2} = 0,50$$

$$a_{G_i} = 0,19$$

Bilans procesu przedstawiono w tabeli:

Tablica 1: Bilans strumieni masy w reaktorze **RK**

Przychód	kmol/h	Rozchód	kmol/h
$W_E[\text{CO}]$	37	$W_Y[\text{CO}]$	3,7
$W_E[\text{CO}_2]$	4	$W_Y[\text{CO}_2]$	37,3
$W_E[\text{H}_2]$	34	$W_Y[\text{H}_2]$	67,3
$W_E[\text{Gi}]$	25	$W_Y[\text{Gi}]$	25
$W_A[\text{H}_2\text{O}]$	150	$W_Y[\text{H}_2\text{O}]$	116,7
Suma przychodu	250,0	Suma rozchodu	250,0