

6.4. WYKRESY KONTROLNE SPALANIA

Do wykresów kontrolnych należy trójkąt Ostwalda i kwadrat Buntego. Wykresy te umożliwiają określenie niektórych parametrów spalin na podstawie składu spalanego paliwa.

Trójkąt Ostwalda

Trójkąt Ostwalda stosuje się dla paliw stałych o znanym składzie masowym. Umożliwia on określenie zawartości CO na podstawie zmierzonych udziałów objętościowych CO₂ i O₂ w spalinach suchych.

Do konstrukcji wykresu potrzebne są wielkości pomocnicze

$$[\text{CO}_2]_{\max} = \frac{21}{1 + \alpha} \% \quad (6.28)$$

oraz

$$[\text{CO}]_{\max} = \frac{21}{0,605 + \alpha} \%, \quad (6.29)$$

gdzie

$$\alpha = 2,37 \frac{H^r - 0,125(O^r - S^r)}{C^r}. \quad (6.30)$$

Symbole literowe oznaczają udziały masowe w paliwie: C^r - węgla, H^r - wodoru, O^r - tlenu, S^r - siarki. Wielkości te są wynikami analizy elementarnej paliwa, odniesionymi do stanu roboczego.

Przykład

Na podstawie analizy spalin określono średnią zawartość [CO₂] = 5,1% oraz [O₂] = 10,0% w spalinach suchych. Analiza elementarna wykazała, że udziały masowe poszczególnych pierwiastków w spalonym paliwie wynoszą:

węgla C^r = 61,22%,

wodoru H^r = 3,55%,

tlenu O^r = 7,35%,

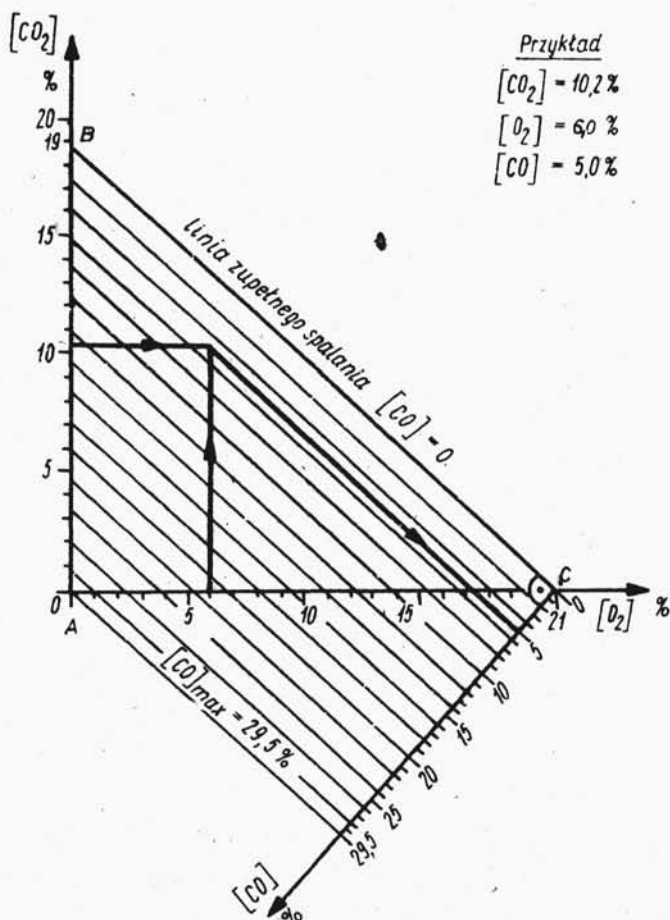
siarki S^r = 1,18%.

W celu zbudowania wykresu Ostwalda należy obliczyć, korzystając ze wzorów (6.28) do (6.30) [CO₂]_{max} i [CO]_{max}.

$$\alpha = 2,37 \frac{3,55 - 0,125 (7,35 - 1,18)}{61,22} = 0,108.$$

$$[CO_2]_{\max} = \frac{21}{1,108} = 19,0\%, \quad [CO]_{\max} = \frac{21}{0,605 + 0,108} = 29,5\%.$$

Na podstawie obliczonych wartości skonstruowano wykres Ostwald'a (rys.6.13). Na osi rzędnych odłożono wartość CO_2_{\max} , zaś na osi odciętych, przyjmując tę samą podziałkę, wartość 21%. Prosta łącząca punkty B i C nazywa się linią zupełnego spalania. Jeżeli punkty otrzymane z analizy spalin znajdują



Rys.6.13. Wykres Ostwald'a

się na linii BC, to świadczy, że spalanie jest zupełne (brak CO), natomiast punkty leżące na zewnątrz trójkąta ABC dowodzą, że wyniki analizy są błędne i należy wówczas analizę powtórzyć.

Kwadrat Buntego

W celu konstrukcji wykresu Buntego należy obliczyć wielkości pomocnicze. Maksymalna ilość CO_2 w spalinach wynosi

$$[\text{CO}_2]_{\max} = \frac{100}{1 + \frac{79}{21} \delta + \nu} \quad (6.31)$$

$$\delta = \frac{(\text{O}_2)_{\min}}{\text{C}}, \quad \frac{\text{kmol O}_2}{\text{kmol C}}, \quad (6.32)$$

$$\nu = \frac{(\text{N}_2)_{\text{pal}}}{\text{C}}, \quad \frac{\text{kmol N}_2 \text{ pal}}{\text{kmol C}}, \quad (6.33)$$

gdzie:

δ, ν - liczby Molliera,

$(\text{O}_2)_{\min}$ - minimalne zapotrzebowanie tlenu, $\text{kmol O}_2/\text{kmol s.pal}$,

$(\text{N}_2)_{\text{pal}}$ - zawartość azotu w paliwie, $\text{kmol N}_2/\text{kmol s.pal}$,

C - zawartość węgla wraz z balastem w paliwie,
 kmol C/kmol s.pal .

Ponadto oblicza się wielkości potrzebne do konstrukcji wykresu

$$D = \delta \cdot [\text{CO}_2]_{\max}, \quad (6.34)$$

$$\Delta = \frac{21}{[\text{CO}_2]_{\max}} - \frac{79}{200}. \quad (6.35)$$

Obliczenia do wykresu Buntego

Dla suchego paliwa gazowego o składzie $\text{CO}_2 = 5,6\%$,
 $\text{O}_2 = 1,6\%$, $\text{CO} = 6,0\%$, $\text{CH}_4 = 37,2\%$, $\text{H}_2 = 32,0\%$, $\text{N}_2 = 17,6\%$
na podstawie wzorów (6.31) do (6.35) otrzymuje się

$$(\text{O}_2)_{\min} = 0,5 \text{ CO} + 2 \text{ CH}_4 + 0,5 \text{ H}_2 - \text{O}_2,$$

zatem

$$\delta = \frac{0,918}{0,488} = 1,88, \quad \nu = \frac{0,176}{0,488} = 0,36,$$

$$[CO_2]_{\max} = \frac{100}{1 + \frac{79}{21} \cdot 1,88 + 0,36} = 11,87\%,$$

$$D = 1,88 \cdot 11,87 = 22,3,$$

$$\Delta = \frac{21}{11,87} - \frac{79}{200} = 1,375.$$

Na podstawie obliczonych wartości można skonstruować wykres Buntego (rys.6.14). Po zmierzeniu zawartości $[CO_2]$ i $[O_2]$ w spalinach suchych, można określić z wykresu zawartość $[CO]$ i współczynnik nadmiaru powietrza λ .

7. POMIAR WILGOTNOŚCI POWIETRZA

Znajomość termodynamicznych parametrów określających stan wilgotnego powietrza ma zasadnicze znaczenie nie tylko w inżynierii sanitarnej, ale również w prawie wszystkich procesach przemysłowych.

W procesach klimatyzacyjnych, suszarniczych itd. własności wilgotnego powietrza odnosi się do powietrza suchego, którego masa nie ulega zmianie podczas przemian termodynamicznych. Zmienia się jedynie masa wody znajdująca się w powietrzu, która może znajdować się w fazie stałej, ciekłej albo gazowej; może się ona również znajdować jednocześnie w dwóch, a nawet w trzech fazach.

W rozdziale tym będzie mowa tylko o pomiarze wilgotności powietrza, ale te same metody pomiarowe można zastosować do pomiaru wilgotności innych gazów wilgotnych. Trzeba przy tym zwrócić uwagę w jakich warunkach ciśnienia i temperatury znajduje się mieszanina, której wilgotność jest określana.