

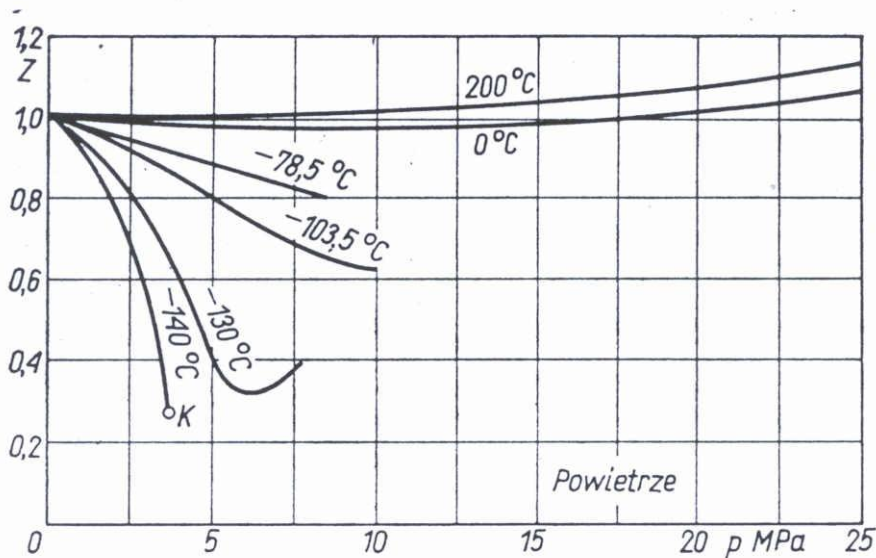
Gazy rzeczywiste

1. Termiczne równania stanu gazów rzeczywistych

Równanie zawierające współczynnik ściśliwości

$$pv = ZRT \quad (1.1)$$

Z - współczynnik ściśliwości; Z zależy od p oraz T



Rys. 5.5. Odchylenie własności powietrza od równania stanu gazów doskonałych

Równanie van der Waalsa

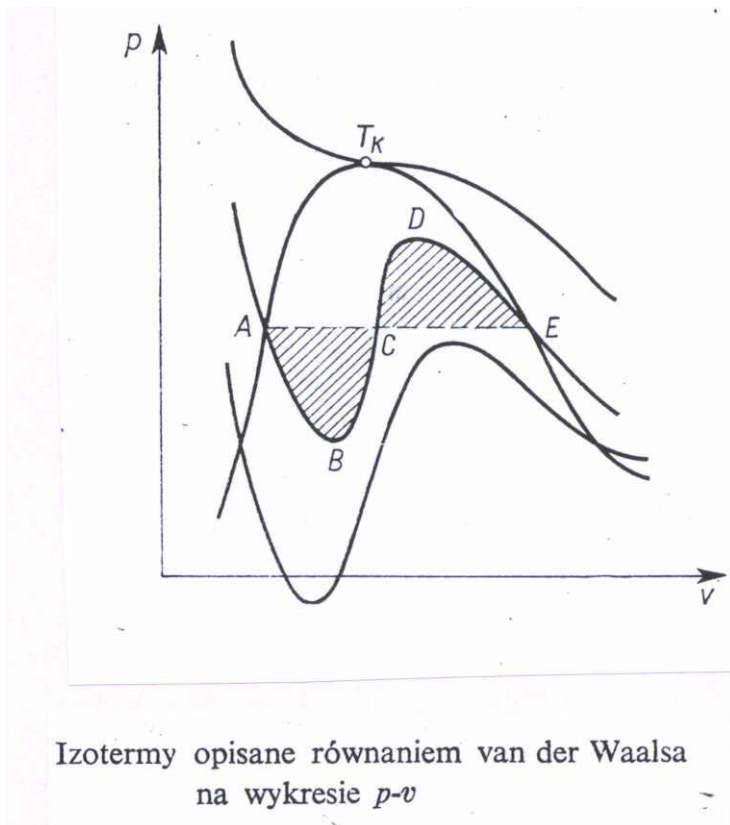
$$p = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2} \quad (1.2)$$

gdzie

$$a = \frac{27R^2T_k^2}{64p_k} \quad (1.3)$$

$$b = \frac{RT_k}{8p_k} \quad (1.4)$$

Współczynnik a uwzględnia siły wzajemnego przyciągania się drobin, współczynnik b uwzględnia objętość własną drobin.



Równanie wirialne

$$\frac{pv}{RT} = 1 + \frac{B(T)}{v} + \frac{C(T)}{v^2} + \dots \quad (1.5)$$

$B(T)$, $C(T)$, ... - współczynniki wirialne

2. Przyrost energii wewnętrznej gazu rzeczywistego

Równanie stanu gazu rzeczywistego - równanie van der Waalsa

$$p = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2} \quad (2.1)$$

Zależność ciepła właściwego przy stałej objętości od temperatury

$$c_v(T) = a_0 + a_1 T \quad (2.2)$$

Dla substancji prostej różniczka przyrostu energii wewnętrznej właściwej

$$du = c_v(T, v) dT + \left[T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v - p \right] dv \quad (2.3)$$

Z (2.1)

$$\frac{\partial p}{\partial T} = \frac{R}{v-b} \quad (2.4)$$

(2.1), (2.2) i (2.4) do (2.3)

$$du = (a_0 + a_1 T) dT + \left[T \frac{R}{v-b} - \frac{RT}{v-b} + \frac{a}{v^2} \right] dv \quad (2.5)$$

$$du = (a_0 + a_1 T) dT + \frac{a}{v^2} dv \quad (2.6)$$

Przyrost energii wewnętrznej właściwej dla przemiany 1-2

$$\Delta u_{1-2} = \int_{T_1}^{T_2} (a_0 + a_1 T) dT + \int_{v_1}^{v_2} \frac{a}{v^2} dv \quad (2.7)$$

$$\Delta u_{1-2} = a_0 (T_2 - T_1) + \frac{a_1}{2} (T_2^2 - T_1^2) - a \left(\frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right) \quad [\text{J/kg}] \quad (2.8)$$

3. Przemiana dławienia gazów

Niech gaz stacjonarnie przepływający rurociągiem będzie dławiony, np. za pomocą zwężki.

Załóżmy, że: proces ten jest adiatermiczny, a energia kinetyczna i potencjalna gazu zmieniają się pomijalnie mało.

Bilans energii dla odcinka rurociągu, w którym następuje dławienie

$$\dot{E}_d = \dot{E}_w \Rightarrow \dot{m}i_d = \dot{m}i_w \Rightarrow i = idem \quad (3.1)$$

Proces ten jest więc izentalpowy.

W przypadku gazu doskonałego $i = idem$ jest równoznaczne z $T = idem$, ponieważ $i = c_p T$.

Zjawisko Joule'a-Thomsona

Współczynnik efektu Joule'a-Thomsona

$$\mu \equiv \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_i \quad (3.2)$$

Dla gazu doskonałego $\mu = 0$.

Dla gazu rzeczywistego μ może być dodatnie, ujemne lub równe zero (punkty inwersji), zależnie od stanu gazu. W obszarze, w którym $\mu > 0$, dławienie gazu powoduje spadek jego temperatury. Zjawisko to jest wykorzystywane w chłodziarkach i skraplarkach gazów.

