

WPLYW STOPNIA ROZPYLENIA ZAWIESINY ABSORPCYJNEJ CaCO_3 W ABSORBERZE NATRYSKOWYM NA JEGO WYSOKOŚĆ

Michał GŁOMBA

Zakład Naukowo-Dydaktyczny Ochrony Atmosfery Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska
Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

michal.glomba@pwr.wroc.pl

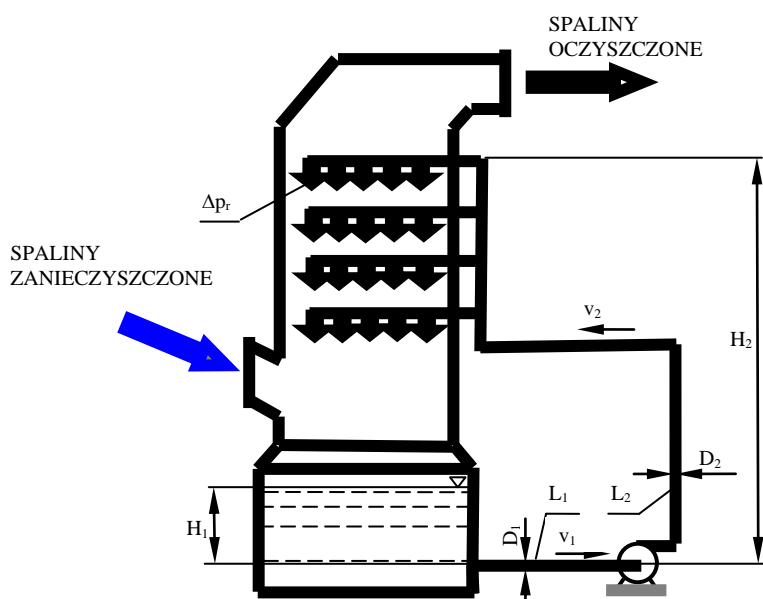
STRESZCZENIE

W pracy wykazano, że zwiększenie stopnia rozpylenia zawiesiny absorpcyjnej zwiększa powierzchnię kontaktu międzyfazowego i skuteczność odsiarczania spalin w absorberze oraz zmniejsza wysokość strefy absorpcji i całkowitą wysokość absorbera, związaną z podnoszeniem zawiesiny na określoną wysokość geometryczną (do rozpylaczy).

1. Wstęp

W instalacjach odsiarczania spalin kotłowych, z uwagi na bardzo duże strumienie odsiarczanych spalin (osiągające, a niekiedy przekraczające 2 mln m^3/h) oraz stosowanie monolitycznych konstrukcji zbiornika zawiesiny absorpcyjnej wraz z posadowionym na nim pionowym absorberem natryskowym, górne kolektory z rozpylaczami znajdują się na wysokości ponad 25-30 m. Strumień objętości tłoczony zawiesiny zmielonego wapniaka i wysokość geometryczna jej podnoszenia oraz wymagane ciśnienie rozpylania wpływają na wielkość pomp i na zapotrzebowanie mocy do ich napędu.

Na całkowitą wysokość podnoszenia pompy wpływ ma różnica geometryczna wysokości od osi pompy do lustra zawiesiny w zbiorniku, geometryczna wysokość tłoczenia zawiesiny do rozpylaczy zainstalowanych na kolektorach, miejscowe i liniowe straty ciśnienia w rurociągach po stronie ssania i tłoczenia pompy oraz wartość ciśnienia rozpylania zawiesiny w absorberze (rys. 1).



Rys. 1. Obieg zawiesiny absorpcyjnej w układzie: zbiornik zawiesiny - najwyższy poziom rozpylania zawiesiny w absorberze

Równanie opisujące całkowitą wysokość podnoszenia pompy pracującej w obiegu zawiesiny absorpcyjnej w absorberze ma postać:

$$H_c = -H_1 + \sum \left(\lambda_1 \frac{L_1}{D_1} + \zeta_1 \right) \frac{v_1^2}{2g} + H_2 + \sum \left(\lambda_2 \frac{L_2}{D_2} + \zeta_2 \right) \frac{v_2^2}{2g} + \Delta p_r \quad (1)$$

gdzie: H_1 – wysokość słupa cieczy w zbiorniku zawiesiny absorpcyjnej nad osią pompy, m,
 H_2 – geometryczna wysokość tłoczenia zawiesiny mierzona od osi pompy do najwyższej umiejscowionego kolektora z rozpylaczami w absorberze, m,
 D_1, D_2 – średnice wewnętrzne przewodów ssawnego i tłocznego, m,
 L_1, L_2 – długości przewodów ssawnego i tłocznego, m,
 v_1, v_2 – prędkości cieczy w przewodach ssawnym i tłocznym, m/s,
 g – przyspieszenie ziemskie, m/s²,
 λ_1, λ_2 – współczynniki tarcia w przewodach ssawnym i tłocznym,
 ζ_1, ζ_2 – współczynniki strat miejscowych w przewodach ssawnym i tłocznym,
 Δp_r – strata ciśnienia w rozpylaczu (ciśnienie rozpylania cieczy), Pa.

2. Analiza możliwości zmniejszenia wysokości absorbera

Moc pompy można zmienić przez zmianę wysokości tłoczenia zawiesiny do najwyższej umiejscowionych rozpylaczy (H_2) oraz ciśnienia rozpylania zawiesiny (Δp_r). Wysokość lustra cieczy w zbiorniku nad osią pompy (H_1) zmieniać można w bardzo ograniczonym zakresie, ponieważ jest ona uzależniona od wielu czynników kształtujących pH zawiesiny, jej stężenie i czas retencji zawiesiny w zbiorniku, wpływający na stopień utlenienia siarczynu do siarczanu wapnia i krystalizację gipsu.

Wysokość tłoczenia zawiesiny (H_2) wpływa na wysokość strefy absorpcji w absorberze (H_{abs}), czas kontaktu odsiarczanych spalin z rozpyloną w absorberze na krople zawiesiną (τ_{kr}), który zależy również od prędkości swobodnego opadania kropli ($w_{o.s}$) i prędkości fazy gazowej w absorberze (w_g), oraz na powierzchnię kontaktu międzyfazowego ($A_{k.mf}$).

Powierzchnię kontaktu międzyfazowego wyraża równanie:

$$A_{k.mf} = S_{kr} \left(\frac{V_c}{V_{kr}} \right) = \frac{6\dot{V}_c H_{abs.}}{D_S (w_{o.s} - w_g)} = 6 \frac{\dot{V}_{g2}}{D_S} \left(\frac{L}{G} \right) \tau_{kr} \quad (2)$$

gdzie: G – strumień odsiarczanych spalin odniesiony do warunków na wylocie z absorbera, m³/s,

L – strumień objętości rozpylonej w absorberze zawiesiny absorpcyjnej, dm³/s,

S_{kr} – powierzchnia kropli traktowanej jako kula sztywna, m²,

V_c – objętość zawiesiny absorpcyjnej zawieszanej w strefie absorpcji, m³,

V_{kr} – objętość pojedynczej kropli zawiesiny absorpcyjnej, m³,

\dot{V}_c – strumień objętości zawiesiny absorpcyjnej rozpylonej w absorberze, m³/s,

\dot{V}_{g2} – strumień objętości spalin odniesiony do warunków rzeczywistych na wylocie z absorbera, m³/s.

Ciśnienie rozpylania zawiesiny (Δp_r) wpływa na stopień jej rozpylenia, od którego zależy średnica średnica kropeł w widmie jej rozpylenia (D_S). Duży stopień rozpylenia oznacza

małą średnią średnicę kropeł otrzymanego układu polidispersyjnego w postaci widma rozpylenia. Wpływa on korzystnie na sumaryczną powierzchnię kropeł zawieszonych w strumieniu odsiarczanych spalin, ponieważ w wyniku zwiększania powierzchni kontaktu międzyfazowego w absorberze zwiększa skuteczność ich odsiarczania.

3. Wpływ stopnia rozpylenia zawiesiny absorpcyjnej na skuteczność odsiarczania spalin i wysokość strefy absorpcji absorbera natryskowego

Zależność skuteczności odsiarczania spalin od stopnia rozpylenia zawiesiny absorpcyjnej i wysokości strefy absorpcji w absorberze warto prześledzić na przykładzie rozpylenia zawiesiny rozpylaczami wirowymi ekscentrycznymi, o pustym stożku rozpylenia strugi kropeł. Charakterystykę rozpylacza przedstawia równanie, w którym Δp_r podano w MPa:

$$\dot{V}_c = 818,3 \Delta p_r^{0,5} \quad (3)$$

Średnią średnicę objętościowo-powierzchniową spektrum średnic kropeł (średnicą Sautera) w funkcji Δp_r (w MPa) opisuje równanie:

$$D_s = 830,6 \Delta p_r^{-0,348} \quad (4)$$

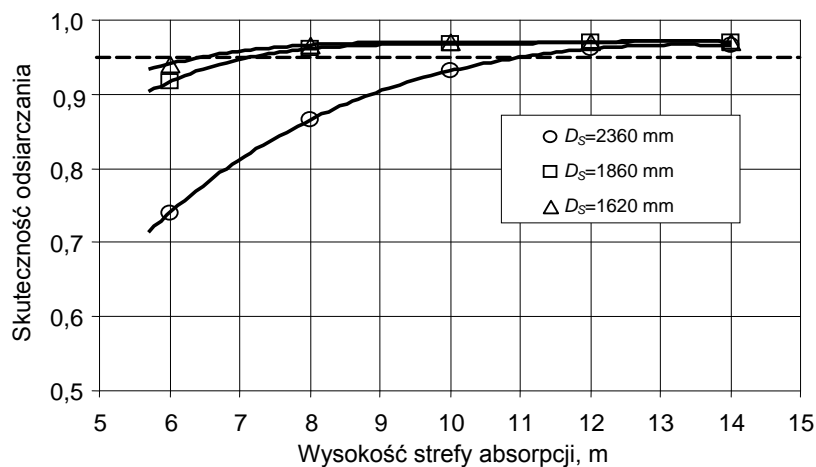
Jeśli przyjąć, że gwarantowana przez oferenta instalacji skuteczność odsiarczania spalin dla konkretnego bloku energetycznego nie powinna być mniejsza od 95%, to w zależności od scharakteryzowanego średnicą Sautera kropeł stopnia rozpylenia cieczy absorpcyjnej i przy zachowaniu stałej wartości strumieni objętości odsiarczanych spalin i rozpylanej cieczy absorpcyjnej oraz zastosowaniu tego samego typu i wielkości rozpylaczy, wymagana wysokość strefy absorpcji w absorberze będzie się zmieniać wraz ze stopniem rozpylenia tak, jak to podano na rys. 2 i w tabeli 1. Linią kreskową (rys. 2) zaznaczono warunki uzyskania w instalacji skuteczności odsiarczania spalin wynoszącej 95% i podano je w tabeli 1.

Tabela 1. Zależność wysokości strefy absorpcji SO₂ w absorberze natryskowym od stopnia rozpylenia cieczy absorpcyjnej

Strumień obj. spalin wilgotnych, m ³ _w /h	Prędkość spalin w absorberze, m/s	(L/G), dm ³ /m ³	\dot{V}_c , m ³ /h	Ciśnienie rozpylenia cieczy MPa	pH cieczy absorpcyjnej	D _s , mm	Wysokość strefy absorpcji, m	Skuteczność odsiarczania, %
1 600 000	3,5	12	19200	0,05	5,4	2,36	11,0	95,0
1 600 000	3,5	12	19200	0,10	5,4	1,86	7,0	95,0
1 600 000	3,5	12	19200	0,15	5,4	1,62	6,4	95,0

Skuteczność odsiarczania spalin dla zmiennych (zadanych) parametrów pracy absorbera obliczono przy wykorzystaniu własnej korelacji, opracowanej na podstawie wyników eksperymentów przeprowadzonych na instalacji w skali ułamkowo-technicznej oraz wyników badań instalacji obiektowych znajdujących się w doniesieniach literaturowych [2, 3]. Należy stworzyć takie warunki pracy rozpylaczy, aby ciśnienie rozpylenia absorbentu było zdecydowanie większe od dotychczas stosowanego w eksploatowanych instalacjach (0,05-0,07 MPa). Zwiększanie ciśnienia rozpylenia zawiesiny absorpcyjnej można uzyskać kosztem zmniejszenia wysokości strefy absorpcji w absorberze, albowiem zgodnie z równaniem (2)

zmniejszenie wysokości podnoszenia zawiesiny absorpcyjnej w instalacji H_2 bezpośrednio wpływa na zwiększenie ciśnienia jej rozpylania w absorberze Δp_r .



Rys. 2. Zależność skuteczności odsiarczania od wysokości strefy absorpcji pionowego absorbera natryskowego i średnicy kropli zawiesiny absorpcyjnej ($D_{abs}=17$ m, $w_g=3,5$ m/s, $L/G=12$ dm³/m³, $C_{CaCO_3}=12\%$, $pH = 5,8$, $C_{SO_2}=2500$ mg/m³_n).

Jak w przedstawionej analizie wykazano, absorbery stosowane do odsiarczania spalin nie muszą być tak wysokie, a tym samym tak kosztowne, jak dotychczas jest to praktykowane, aby spełniały stawiane im wymagania pod względem skuteczności odsiarczania spalin (tabela 1).

4. Wnioski

Z przeprowadzonej analizy zależności wysokości strefy absorpcji w natryskowym adsorberze pionowym od stopnia rozpylenia zawiesiny absorpcyjnej $CaCO_3$ w procesie odsiarczania spalin kotłowych wynika, że zwiększenie stopnia rozpylenia zawiesiny absorpcyjnej:

- zwiększa powierzchnię kontaktową międzyfazową i skuteczność odsiarczania spalin w absorberze,
- zmniejsza wysokość strefy absorpcji w absorberze i całkowitą wysokość absorbera, bez pogorszenia efektu odsiarczania spalin (przy zachowaniu niezmiennego strumienia objętości rozpylanej zawiesiny absorpcyjnej),
- ogranicza składową zapotrzebowania mocy na wale pompy, związaną z podnoszeniem zawiesiny na określoną wysokość geometryczną (do rozpylaczy).

Literatura

1. Klyachko L.S.: Otopl. i Ventil., No. 4, 1934.
2. Williams P.J.: Wet Flue Gas Desulfurization Pilot Plant Testing of High Velocity Absorber Module. Presented to: EPRI-DOE-EPA Combined Utility Air Pollution Control. Symposium, Atlanta, Georgia, USA, August 16-20, 1999.
3. Eden D., Heiting B., Luckas M.: Berechnung und Optimierung von SO_2 -Rauchgaswäschern. VGB Kraftwerkstechnik, 1999, 77, (6), 505-511.
4. Eden D., Luckas M., Luckas K.: Abschlußbericht zum VGB-Forschungsprojekt Nr. 135, Duisburg, 1966.