

Franciszek GRAMATYKA

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska, Gliwice

Sławomir MADEJSKI

Elektrociepłownia „TYCHY” S.A., Tychy

MODERNIZACJE INSTALACJI ODPYLANIA SPALIN KOTŁOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono zagadnienia związane z ograniczeniem emisji popiołów powstających w procesach spalania stałych paliw energetycznych. Omówiono stosowane obecnie urządzenia i instalacje odpopielania (separacji i transportu popiołów). Zasygnalizowano występujące problemy eksploatacyjne omawianych instalacji.

MODERNIZATION OF THE BOILER FLUE GAS PRECIPITATORS

Summary. The paper presents the problems concerning the reduction of fly ash emission in burning systems for solid fuels combustion. Existing systems of precipitation have been described. Operational problems in this installation have been presented.

MODERNISIERUNG VON ENTSTAUBUNGSSYSTEME IN KESSELANLAGEN

Zusammenfassung. Die Arbeit beschreibt die Probleme der Abminderung der Flugascheemissionen, die bei der Verfeuerung von festen Brennstoffen entstehen. Es wurden die bestehenden Anlagen besprochen, wo die Betriebsprobleme wurden dargestellt.

1. Wstęp

Jednym z produktów powstających w procesie energetycznego spalania stałych paliw organicznych jest popiół (pył) unoszony przez spaliny. Ze względu

du na zawarte w nim takie pierwiastki, jak kadm, ołów i arsen, ma on własności toksyczne wpływające na zanieczyszczenie całego ekosystemu.

Ograniczenie emisji pyłu realizowane w procesie odpylania prowadzącym do trwałego oddzielenia fazy stałej (pyłu) od unoszącej go fazy gazowej (spalin), jest jednym z kluczowych zagadnień związanych z ochroną środowiska. Oznacza to, że proces odpylania powinien być prowadzony w taki sposób, aby oczyszczając spaliny kotłowe, a przez to chroniąc atmosferę, nie powodować zanieczyszczenia innych komponentów środowiska, tj. wód i gleby. Związane są z tym nierozzerwalnie procesy odprowadzania popiołu i jego zagospodarowania.

Stosowane metody odpylania spalin, w zależności od wykorzystywanych zjawisk i procesów fizykochemicznych, ogólnie możemy podzielić na suche i mokre. W energetyce stosowane są głównie metody suche oparte na zjawiskach:

- grawitacyjnego opadania ziaren pyłu,
- bezwładności ziaren i działania siły odśrodkowej,
- suchej filtracji zapyłonych spalin,
- jonizacji gazu i pyłu oraz elektrostatycznego przyciągania cząstek.

W energetyce przemysłowej i ciepłownictwie, gdzie eksploatowane są w większości kotły opalane miałowymi sortymentami węgla kamiennego spalane w paleniskach rusztowych, stosowane są powszechnie odpylacze mechaniczne: cyklony, baterie cyklonów lub multicyklony. W instalacjach odpylania spalin z kotłów pyłowych elektrowni i elektrociepłowni zawodowych z reguły są stosowane elektrofiltry (ok. 98% wszystkich urządzeń odpylających). Jednakże wraz z rozwojem w dziedzinie produkcji materiałów filtracyjnych o wysokiej odporności termicznej, coraz częściej stosowane są odpylacze filtracyjne workowe: tkaninowe lub włókninowe.

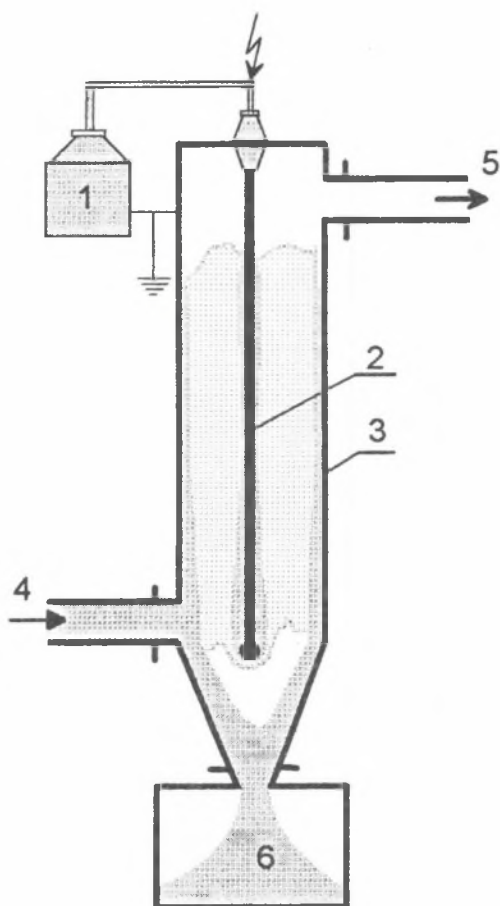
2. Elektrostatyczne odpylanie spalin kotłowych

W procesie elektrostatycznego odpylania spalin wykorzystuje się zjawisko jonizacji cząstek gazu i pyłu. Rozproszone w gazie nośnym cząsteczki pyłu zostają naładowane elektrycznie i pod wpływem większych sił pola elektrycznego zbierają się na elektrodach osadzących (zbiorczych). Zebrane cząstki pyłu są następnie strzepywane mechanicznie do lejów popiołowych. Zasadę działania elektrostatycznego odpylania spalin przedstawiono schematycznie na rys. 1. Do naładowywania i uzyskiwania pola elektrycznego służą elektrody koronujące (ulotowe) połączone z ujemnym biegunem pulsującego, jednokierunkowozmiennego źródła wysokiego napięcia. Przyłożone napięcie elektryczne musi być na tyle duże, aby z jednej strony wytworzyć na elektrodach koronujących, drogą emisji elektronów, wyładowanie koronowe, charakteryzujące się bładniebieskim światłem, z drugiej zaś, aby powstało silne pole

elektrostatyczne. Wyładowanie koronowe zostaje podtrzymywane przez nowo wytwarzane elektrony poprzez zderzenia i oddziaływanie fotojonizacyjne. Gaz nośny zostaje przy tym zjonizowany. Molekuły o dodatnim i ujemnym ładunku wędrują pod wpływem sił pola do elektrod o przeciwnej biegunowości. Znajdujące się w przeważającej ilości ujemne nośniki ładunku zderzają się z cząsteczkami w drodze do dodatnich elektrod osadczych (zbiorczych), zbierają się na nich i tym samym przekazują im również duży ładunek ujemny.

Pole elektryczne zapewnia następnie wymaganą wielkość przyspieszenia cząstek pyłu i zbierania się ich na elektrodach osadczych. Dodatnie nośniki ładunku mają zwykle tylko krótką drogę do ujemnych elektrod emitujących; natrafiają na niewielką ilość cząstek i odpowiednio słabsze jest ich osadzanie się na elektrodach ujemnych (ulotowych).

W przypadku elektrofiltrów suchych, zarówno elektrody osadcze (zbiorcze) jak i emitujące (koronowe, ulotowe) są okresowo oczyszczane poprzez mechaniczne otrząsanie lub wibrację. W wyniku mechanicznego poruszania pył, który osiadł na elektrodach, opada do lejki popiołowej, umieszczonej w dolnej części elektrofiltra, skąd jest odprowadzany pneumatycznie w sposób ciągły lub okresowy.



Rys. 1. Schemat działania elektrofiltra: 1 – zespół zasilający, 2 – elektroda ulotowa, 3 – elektroda zbiorcza (osadcza, 4 – wlot zapyłonego gazu, 5 – wylot spalin oczyszczonych, 6 – wytrącony popiół

Fig. 1. Scheme of the electrostatic precipitator

Teoretyczną skuteczność odpylania elektrofiltru można określić za pomocą wzoru Deutscha

$$\eta = 1 - e^{-\frac{u_e L}{sv}}$$

gdzie:

- u_e – prędkość osiadania ziaren, m/s,
- L – długość pola, m,
- s – odległość między elektrodą ulotową i zbiorczą, m,
- v – prędkość przepływu spalin, m/s.

Wymagana skuteczność odpylania, wynikająca z uwarunkowań prawnych z zakresu ochrony powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniami [12], determinuje dobór typu oraz cech konstrukcyjnych odpylacza elektrostatycznego, dla którego praktyczna skuteczność odpylania określona jako stosunek masy pyłu zatrzymanego w elektrofiltrze do masy pyłu wprowadzonego z gazem w jednostce czasu, będzie wyższa od wymaganej.

Skuteczność odpylania elektrofiltru, jak wynika to m.in. z wzoru Deutscha, zależy od następujących parametrów:

- napięcia wyprostowanego między elektrodami, wytwarzanego przez zespół zasilający (30 – 80 kV);
- prędkości przepływających spalin (do 2 m/s);
- powierzchni i kształtu elektrod;
- prędkości cząstek pyłu do elektrody zbiorczej (ok. 0,2 m/s);
- długości drogi cząsteczki w komorze elektrofiltru L ;
- rezystywności pyłu ($10^4 - 10^{12} \Omega\text{cm}$).

Obecnie produkowane elektrofiltry uzyskują skuteczność odpylania powyżej 99,5% przy stężeniu zapylenia spalin wylotowych poniżej 50 mg/m^3 . Przykładowo przedstawiono w tablicy 1 dane techniczne oraz osiągnięte parametry przez elektrofiltry różnych producentów, zainstalowane w ostatnich latach w krajowej energetyce.

Modernizacja układu odpylania spalin z kotła WP-120 w Elektrociepłowni „TYCHY” S.A., polegająca na zabudowaniu wysokosprawnego elektrofiltru ROTHEMUHLE, dała następujące wyniki po ponad 5600 godzinach łącznego czasu pracy:

- | | |
|--|-------------------------|
| – średnia sprawność odpylania | 99,81% , |
| – średnie zapylenie spalin wylotowych | $31,8 \text{ mg/m}^3$, |
| – emisja pyłu do atmosfery | 7,6 kg/h, |
| – uzyskany efekt ekologiczny w 1995 r.
(ograniczenie emisji pyłu) | 230 t/a. |

Tablica 1

Charakterystyka techniczna wybranych elektrofiltrów

Lp.	Dane elektrofiltra	Elektrofiltr A	Elektrofiltr B	Elektrofiltr C
1	Wytwórca	ELWO Pszczyna	ROTHE- MUHLE	LURGI
2	Rok budowy	1984	1994	1992
3	Typ	HE24-400/ 2×4× 8,6/300	H166,4/3×4,5/1 3,0/400G	BS780-2×38/ 12,5/4×8/400
4	Użyteczny przekrój przepływu spalin [m ²]	61,92	166,4	2 × 196,8
5	Pole elektryczne – liczba podziątek – podziałka [m] – wysokość [m] – długość [m]	24 0,3 8,6 2 × 4,0	32 0,4 13 3 × 4,5	2 × 38 0,4 12,95 4 × 3,84
6	Elektrody zbiorcze – typ – wymiar [m] – liczba w rzędzie – powierzchnia osadczą [m ²]	Sigma IV 3302	400G 0,4 11 11232	ZT24 13,5 × 0,51 8 2 × 15117
7	Charakterystyka strzepywaczy – rodzaj – częstotliwość strzepywania – ilość zespołów napędowych	młotki przerzut. I strefa–ciągłe II strefa– 7 min. pracy/ 10 min. postój	młotki przerzut. I–1min/1min1s II–1min/3min5s III–1min/9min7s	młotki przerzut. I–4min/0min. II–4min/2min. III–4min/4min. IV–4min/12min.
8	Elektrody ulotowe – typ – rodzaj strzepywaczy – częstotliwość strzepywania – ilość zespołów napędowych	taśma kolcz. młotki przerzut. ciągła 2	taśma młotki przerzut. ciągła 3	pręt-variodyn15 młotki wychyłow. ciągła 2× 8
9	Zespoły zasilające – liczba – typ – producent – prąd wyprostowany [mA] – napięcie wyprostowane [kV] – napięcie zasilania [V] – moc (z sieci) [kVA] – regulator napięcia	2 Z1KT-380/80/400 BELOS 400 max. 80 380 31,5 krzemowy	3 RICO	2 × 4 ESO3861/2240 RICO 1600 86 380 136 Mikromatic-912

cd. tablicy 1

Lp.	Dane elektrofiltra	Elektrofiltr A	Elektrofiltr B	Elektrofiltr C
10	Parametry gazu			
	– ilość spalin [m_n^3/h]	86000	300 000	730 000
	– temp. spalin na wlocie [$^{\circ}C$]	160	160	140 – 160
	– podciśnienie spalin w filtrze [$mm H_2O$]	250	100	
	– zapylenie na wlocie [g/m_n^3]	4,0	32,3	28,0
	– zapylenie na wylocie [mg/m_n^3]	40	50	50
	– gwarantowana skuteczność odpylania [%]	99,0–99,5	99,85	99,75
11	Wyniki pomiarów i obliczeń			
	– średnie stężenie zapylenia spalin wylotowych [mg/m_n^3]	48	46	10,68
	– średnia skuteczność odpylania [%]	99,78	99,77	99,93

Wysokie skuteczności odpylania spalin w przedstawionych elektrofiltrach uzyskano w układach, gdzie nie jest jeszcze wprowadzone odsiarczanie spalin. Liczne badania potwierdzają wpływ procesu spalania i warunków eksploatacji kotła na skuteczność elektrostatycznego odpylania spalin.

Jedną z takich wielkości jest rezystywność pyłu zależna od rodzaju i składu paliwa oraz od warunków spalania wpływających na zawartość części palnych, SO_2 , SO_3 , zawilgocenie spalin i ich temperaturę.

Najwyższą skuteczność odpylania uzyskuje się przy rezystywności popiołu ok. $10^{10} - 10^{11} \Omega cm$. Zawartość wilgoci i tlenków siarki wpływa na obniżenie rezystywności suchego pyłu w temperaturach poniżej $200^{\circ}C$, co należy mieć na uwadze przy wprowadzaniu nowych technologii oczyszczania spalin z zanieczyszczeń gazowych, gdyż może to prowadzić do pogorszenia skuteczności odpylania.

3. Proces suchej filtracji gazów

W związku z rosnącymi wymaganiami, dotyczącymi czystości powietrza atmosferycznego, następuje systematyczny rozwój technik oczyszczania zapyłonych gazów odlotowych m.in. przez wprowadzanie do produkcji nowych materiałów filtracyjnych. W ostatnich latach coraz częściej stosowane są odpylacze workowe oparte na procesie suchej filtracji gazów. Wymaga to stosowania tkaninowych lub włókninowych materiałów filtracyjnych o specjalnych

własnościach. Przykładem zastosowania filtrów workowych w krajowej energetyce zawodowej jest Elektrownia CHORZÓW. W 1994 roku oddano do eksploatacji 3 filtry workowe produkcji austriackiej (ECO-KLIMA Umweltsan-lagenbau Gm.b.H.) zainstalowane za dwoma kotłami parowymi typu Babcock o wydajności 100 t/h oraz za kotłem parowym typu Pauker o wydajności 150 t/h. Dane techniczne filtrów workowych oraz zmierzoną skuteczność odpylania przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Charakterystyka filtrów workowych ECO-KLIMA

Lp.	Wyszczególnienie	Filtr A	Filtr B	Filtr C
1	Wytwórca	Eco-Klima	Eco-Klima	Eco-Klima
2	Rok budowy	1994	1994	1994
3	Typ	workowy, włókninowy, pulsacyjny	workowy, włókninowy, pulsacyjny	workowy, włókninowy, pulsacyjny
4	Powierzchnia filtracyjna [m ²]	2880	2880	4200
5	Strumień spalin [m ³ /h]	199120	208000	312000
6	Temp. spalin na wlocie [°C]	170	170	175
7	Max. temp. spalin na wlocie [°C]	180	200	200
8	Materiał filtracyjny	Ryton/Ryton +S90 (PPS/PPS+S90)	Ryton/Raster +S90 (PPS/PTFE+S90)	Ryton/Raster +S90 (PPS/PTFE+S90)
9	Ilość worków	1152	1152	1680
10	Średnica kosza [mm]	150	150	150
11	Średnica/długość worka [mm]	160/5000	160/5000	160/5000
12	Obciążenie włókniny filtracyjnej [m ³ /m ² /h]	72,6	72,6	74
13	Gwarantowane zapylenie spalin na wylocie [mg/m ³]	50	50	50
14	Wyniki pomiarów i obliczeń – średnie stężenie zapylenia spalin wylotowych [mg/m ³] – średnia skuteczność odpylania [%]	22,1 99,82	21,8 99,81	11,9 99,91

Technologia odpylania spalin w filtrze workowym polega na przepływie zanieczyszczonych spalin poprzez zawory talerzowe i kierownice do komory spalin „brudnych”, w której zainstalowane są worki z włókniny filtracyjnej naciągnięte na stelaże wykonane ze stali nierdzewnej. Spaliny przepływające przez włókninę filtracyjną oczyszczają się i są odprowadzane wewnątrz wor-

ków ku górze, poprzez zawory talerzowe do kanałów gazu czystego. Na powierzchni zewnętrznej worków zbiera się warstwa popiołu, tzw. plaster popiołowy, który po osiągnięciu określonej grubości zostaje strącony do leja popiołowego przez impuls sprężonego powietrza z instalacji oczyszczania filtra. Układ pracuje w pełnej automatyce połączonej z wizualizacją procesu i sygnalizacją w nastawni głównej.

Całkowicie też jest zautomatyzowany układ cyklicznego odprowadzania popiołu spod filtrów. Popiół transportowany jest hermetyczną instalacją transportu pneumatycznego, w pełni zautomatyzowaną, z wysokociśnieniowymi podajnikami komorowymi, bezpośrednio do zbiornika retencyjnego popiołu w zakładzie prefabrykacji.

Instalacje odpylania spalin kotłowych z filtrami workowymi charakteryzują się następującymi cechami:

- bardzo wysoka skuteczność odpylania spalin,
- wysoka skuteczność frakcyjna w zakresie pyłów poniżej 10 mm,
- wysoka niezawodność,
- niezależność skuteczności odpylania od parametrów spalin (składu, stopnia zapylenia, strumienia, temperatury itd.),
- zdolność do zatrzymywania metali ciężkich i ich związków,
- poprawa skuteczności odsiarczania spalin w przypadku stosowania metody suchej lub półsuchej (o ok. 15 – 20%).

Stosowanie filtrów workowych w instalacjach odpylania spalin kotłowych, zwłaszcza w energetyce przemysłowej, jest coraz częściej spotykane. Czynniki ograniczające stosowanie odpylaczy tkaninowych i włókninowych są:

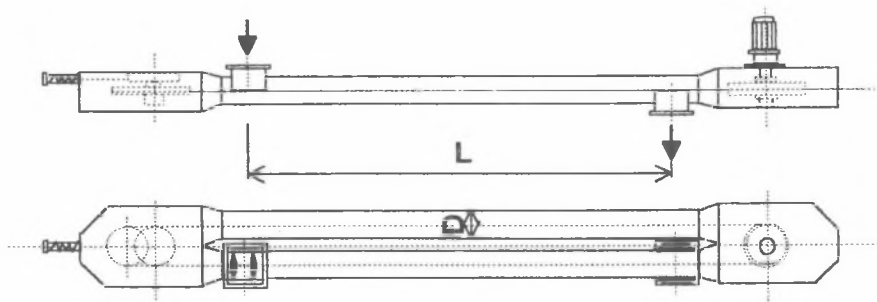
- dolna granica temperatury wyznaczona punktem rosy,
- górna granica temperatury wyznaczona wytrzymałością termiczną materiału filtracyjnego,
- zawartość agresywnych związków chemicznych w spalinach,
- prędkość filtracji i okres użytkowania,
- sposób oczyszczania i regeneracji filtrów.

4. Instalacje odprowadzania popiołu

Mechaniczne urządzenia transportujące wychwycony popiół (pyły) w elektrofiltrach to przeważnie obrotowe zamknięcia celkowe, przenośniki ślimakowe i układy taśmociągów. System mechanicznego odprowadzania pyłu miał zastosowanie w transporcie pyłu na mokre składowisko za pomocą taśmociągów. Tego typu rozwiązania aktualnie nie są stosowane. W przypadku transportu na niewielkie odległości stosowane są przenośniki mechaniczne rurowolinowe.

Przenośnik rurowo–linowy „FULMAR” jest urządzeniem gazo- i pyłoszczelnym a z racji spełnianej podwójnej roli: zamykania przestrzeni roboczej filtra i transportowania pyłu – jest przystosowany przede wszystkim do współpracy z wszelkiego rodzaju odpylaczami suchymi, min. także elektrofiltrami. Stosowanie tego typu przenośnika w układach odprowadzania popiołu eliminuje konieczność instalowania podajników celkowych, zamknięć dwuklapowych i innych tego typu urządzeń.

Przenośnik linowo–rurowy zbudowany jest z dwóch równoległych rur połączonych na końcach głowicami – napędową i zwrotną. W głowicach umieszczone są obrotowe gwiazdy, przez które przewija się lina z zamocowanymi tarczami o średnicy takiej samej, jak średnica wewnętrzna rur. Przesuwające się ciągną wewnątrz rury przemieszcza transportowany materiał od zasypu do wysypu na odległość L jak zaznaczono na rys. 2. Przesuw linii zapewnia gwiazda napędowa wprawiana w ruch obrotowy za pomocą motoreduktora. Pełna obudowa gwarantuje dużą szczelność przenośnika, a niewielkie prędkości przesuwu linii – wysoką trwałość urządzenia.



Rys. 2. Schemat przenośnika rurowo–linowego „FULMAR”

Fig. 2. Tube–rope transporter „FULMAR”

Przenośnik ten może podawać materiał w poziomie i pionie, po linii skośnej i łamanej. Można nim odbierać materiał z jednego i z wielu punktów, zasilać jeden lub wielu odbiorców, a nawet transportować dwa różne materiały w przeciwnych kierunkach. Przenośnik przeznaczony jest do transportu pyłów, materiałów sypkich 0 – 12 mm, granulatów i zawiesin. Odległość transportu dla układu poziomego wynosi do 50 m, natomiast dla pionowego do 30 m. Wydajność przenośnika przy nominalnej średnicy rury DN 200 wynosi $42 \text{ m}^3/\text{h}$. Przenośnik rurowo–linowy może pracować w temperaturze do 600°C .

W energetyce zawodowej powszechnie stosowane urządzenia zamykające przestrzeń roboczą elektrofiltrów oraz transportujące wychwycone w nich

pyły to przeważnie obrotowe zamknięcia celkowe, przenośniki ślimakowe, rynnny aeracyjne lub aparaty wydmuchowe. Urządzenia te charakteryzują się dużą energochłonnością i wysokimi kosztami eksploatacji. Ponadto nie zapewniając dostatecznej szczelności stanowią źródło wtórnego zapylenia.

Aparat wydmuchowy działający na zasadzie strumienicy przeznaczony jest do pneumatycznego transportu pyłu wytrąconego ze spalin w elektrofiltrze do zbiornika pośredniego. Czynnikiem roboczym jest sprężone powietrze, które wypływając z dyszy aparatu z dużą prędkością porywa ze sobą cząsteczki pyłu z komory zassania. Podczas przepływu przez aparat wydmuchowy następuje wyrównanie się prędkości dwóch mieszających się ze sobą strumieni. Zmieszany strumień dopływa do dyfuzora (zwążki), w którym następuje wzrost ciśnienia do takiej wielkości, przy której możliwy jest dalszy transport pyłu rurociągiem do zbiornika pośredniego.

Zalecana długość linii transportu pneumatycznego realizowanego przez aparat wydmuchowy nie powinna przekraczać 60 m. Ponadto nie jest zalecane łączenie dwu lub kilku aparatów wydmuchowych na jeden rurociąg transportujący. Aparaty wydmuchowe stosowane w układach odprowadzania popiołów spod elektrofiltrów, charakteryzują się znacznym zużyciem sprężonego powietrza. Przykładowo w tabelicy 3 podano charakterystykę aparatu wydmuchowego dla następujących warunków pracy:

- długość rurociągu – 48 m,
- wysokość podnoszenia – 5 m,
- łączny kąt łuków – 210°,
- średni poziom pyłu w leju – 2,5 m,
- pył z węgla kamiennego o granulacji i udziale wagowym ziarna:
 - < 75 μm – 91,0%,
 - 75 – 150 μm – 6,5%,
 - > 150 μm – 2,5%,

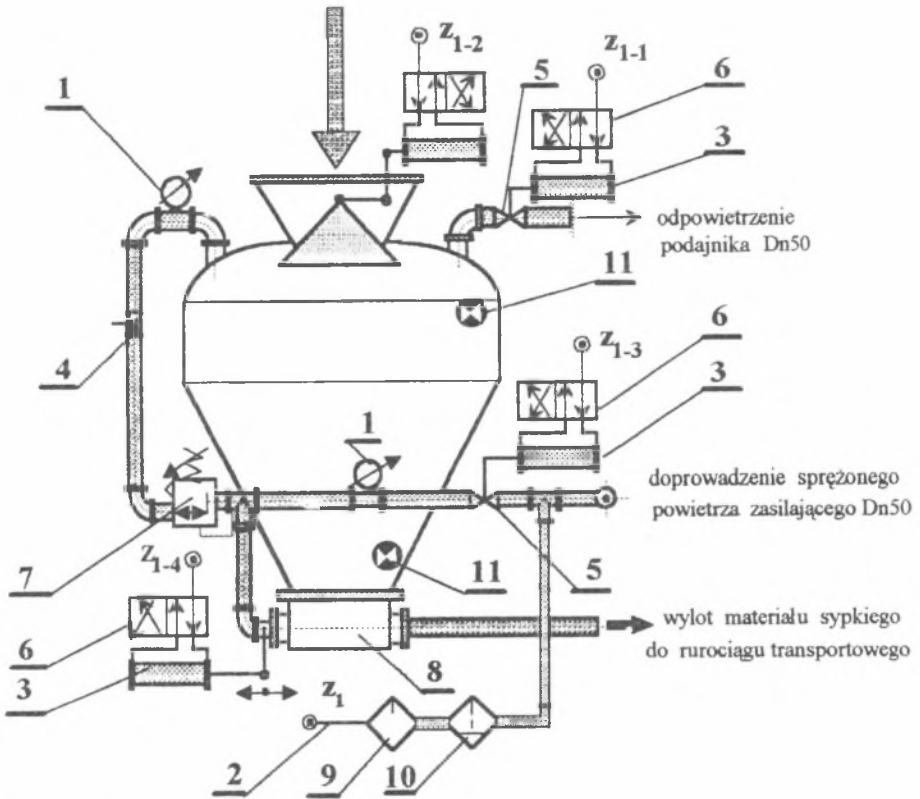
Tabela 3

Wydajność aparatu wydmuchowego

Ciśnienie w kolektorze	Wydajność aparatu	Zużycie powietrza	Ciśnienie aeracyjne	Zużycie pow. aeracyjnego
MPa	Mg/h	m_n^3/h	mm H ₂ O	m_n^3/h
0,3	7	113	100	2
0,25	10	94	100	2
0,2	10	76	100	2
0,15	6	57	100	2

W nowoczesnych instalacjach odprowadzania popiołów spod urządzeń odpylających stosuje się układy hermetyczne, energooszczędne i w pełni zauto-

matyzowane. Są to instalacje wysokociśnieniowego transportu pneumatycznego przez unoszenie, gdzie funkcję urządzenia zasilającego spełnia podajnik komorowy o pracy cyklicznej, którego schemat przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Schemat podajnika komorowego, wysokociśnieniowego transportu pneumatycznego: 1 – przekąznik ciśn./manometr (0 – 0,6 MPa), 2 – przewody ciśnieniowe zbrojone, 3 – cylinder pneumatyczny dwustr., 4 – zawór zwrotny prosty, głowicowy, 5 – zawór odcinający kulowy, 6 – zawór rozdzielający 5–drogowy, 7 – zawór redukcyjny, 8 – komora mieszania, 9 – smarownica 521-G1/2A, 10 – filtr powietrza 514-G1/2A, 11 – czujnik poziomu Vegator

Fig. 3. Scheme of the chamber transporter by high pressure pneumatic transport

Urządzenie zasilające (rys. 3) decyduje o sposobie wprowadzania materiału i gazu do rurociągu transportowego oraz zapoczątkowuje przebieg określonej postaci przemieszczania mieszaniny dwufazowej ciała stałego i gazu. Poprawność konstrukcyjnego rozwiązania tych urządzeń w zasadniczy sposób decy-

duje o stabilności procesów pneumatycznego przemieszczania i niezawodności działania całej instalacji.

Podajniki tego typu stosowane są przede wszystkim w instalacjach przeznaczonych do przemieszczania materiałów suchych i wilgotnych, a także wykazujących skłonność do zbrylania się i przyklejania do ścian. Przemieszczenie tych materiałów, wymaga jednak stosowania wysokich ciśnień (0,4 – 0,6 MPa) ze względu na duże opory przepływu oraz unoszenie materiału w strumieniu gazu na całej długości rurociągu transportowego, w celu zachowania stabilności pracy przenośników o pracy cyklicznej.

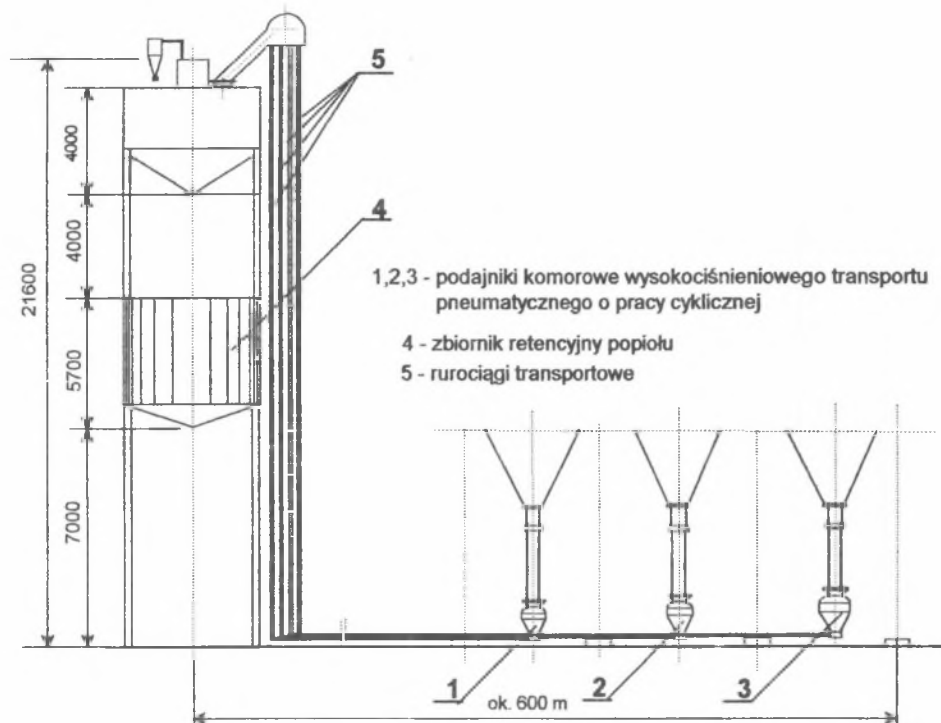
Podajnik komorowy stanowi połączenie trzech równocześnie ze sobą współpracujących elementów: komory mieszania, dyszy oraz zbiornika ciśnieniowego. Zasada działania podajnika komorowego polega na równoczesnym wprowadzaniu sprężonego powietrza do górnej części zbiornika ciśnieniowego oraz do komory mieszania, które przekazuje swą energię bezpośrednio materiałowi, powodując jego wypływ do rurociągu transportowego w postaci ciągłej strugi mieszaniny dwufazowej popiołu i powietrza.

Stała wartość ciśnienia gazu w górnej części zbiornika, a tym samym zachowanie stałego nacisku, wynikającego z naporu sprężonego powietrza na górną powierzchnię materiału, utrzymuje zawór redukcyjny. Przesunięcie popiołu w dół następuje pod naporem sprężonego gazu działającego od góry. Wskutek doprowadzenia sprężonego powietrza do dyszy roboczej, materiał z komory mieszania unoszony jest w strumieniu gazu i wprowadzany do rurociągu transportowego. Zastosowany układ sterujący umożliwia pracę podajnika komorowego w cyklu zautomatyzowanym z możliwością ręcznego sterowania poszczególnymi operacjami w stanach awaryjnych.

Maksymalny stopień napełnienia popiołem zbiornika podajnika komorowego sygnalizowany jest przez górny wskaźnik poziomu, który podaje sygnał do rozpoczęcia cyklu pracy (opróżniania podajnika). W końcowej fazie cyklu pracy podajnika komorowego następuje przedmuch instalacji i odcięcie głównego dopływu sprężonego powietrza. Po zakończeniu cyklu opróżniania układ oczekuje na ponowne napełnienie przy zamkniętym dopływie sprężonego powietrza.

Przykładowe rozwiązanie instalacji transportu pneumatycznego popiołu spod elektrofiltra przedstawiono na rys. 4. Przedstawiona instalacja składa się z niezależnie pracujących podajników komorowych transportu pneumatycznego, umieszczonych indywidualnie pod lejami wysypowymi i połączonych poprzez układ rurociągów transportowych ze zbiornikiem retencyjnym popiołu.

Lej wysypowy zakończony jest zamknięciem awaryjnym sterowanym ręcznie. Pod zamknięciem usytuowany jest kompensator dla ewentualnej rewizji podajnika lub wymiany uszczelki dzwonu. Podajnik komorowy posadowiony jest na własnej konstrukcji nośnej i nie obciąża konstrukcji leja wysypowego. Podajnik ma dwa wskaźniki poziomu (górny i dolny), które inicjują cykl



Rys. 4. Schemat instalacji transportu pneumatycznego popiołu z lejew wysypowych elektrofiltra

Fig. 4. Scheme of the pneumatic fly ash transportation from the electrostatic precipitator

sterowania. Wylot rurociągu transportowego połączony z komorą mieszania podajnika komorowego jest podczas oczekiwania na napełnienie szczelny, w związku z czym istnieje możliwość rozwiązania układu transportu popiołu bez stosowania rozdzielaczy. Po zastosowaniu rozdzielaczy dwudrogowych podajniki mogą pracować na wspólny rurociąg transportowy.

Podajnik komorowy ma uszczelnione połączenie z rurociągiem transportowym i przy otwartym dzwonie oczekuje na zasypanie popiołem. W chwili osiągnięcia ustalonego poziomu popiołu, górny wskaźnik poziomu uruchamia układ sterowania, powodując przetransportowanie porcji popiołu z podajnika do zbiornika retencyjnego.

Cykl kończy się z chwilą sygnalizacji opróżnienia podajnika przez dolny wskaźnik poziomu i podajnik „oczekuje” na napełnienie. Podajniki III strefy mogą być opróżniane z zastosowaniem przekaźników czasowych w przypadku dłuższych czasów oczekiwania.

Układ sterowania oparty na sterownikach przemysłowych, np. MODICON AEG, OBROM, gwarantuje dużą niezawodność działania, przy równoczesnej możliwości dobudowy do istniejącego systemu układów kompatybilnych, umożliwiających śledzenie i sterowanie procesem np. z centralnej dyspozytorni.

Podajnik komorowy, analogicznie do aparatu wydmuchowego, pozwala na utrzymanie podciśnienia w leju wysypowym. Natomiast z uwagi na specyfikę transportu i jego cykliczną pracę, umożliwia uzyskanie znacznych oszczędności energetycznych w porównaniu z aparatem wydmuchowym o pracy ciągłej.

Należy nadmienić, że podajniki komorowe wysokociśnieniowego transportu pneumatycznego umożliwiają transport materiałów sypkich na odległość ponad 2000 m, co pozwala na pominięcie zbiorników pośrednich w instalacji odprowadzania popiołów.

5. Podsumowanie

W związku z rosnącymi wymaganiami dotyczącymi ograniczania emisji zanieczyszczeń, konieczne jest wprowadzanie nowoczesnych urządzeń odpylających i instalacji odprowadzania popiołów w energetyce i ciepłownictwie. Zagadnienie ograniczenia emisji zanieczyszczeń należy jednak rozpatrywać kompleksowo, gdyż istnieje współoddziaływanie wprowadzanych procesów (np. odsiarczania spalin) na jakość przebiegu pozostałych (odpylanie spalin, możliwości zagospodarowania popiołów itp.).

Eksploatacyjna wartość skuteczności odpylania spalin zależy od osiągniętych parametrów urządzeń odpylających, wynikających z przyjętych założeń projektowych, lecz również w znacznej mierze od jakości obsługi i poprawności działania urządzeń pomocniczych.

Wprowadzenie nowoczesnych instalacji pneumatycznego odprowadzania popiołów spod urządzeń odpylających o pracy cyklicznej wpływa nie tylko na hermetyzację procesu (brak wtórnego pylenia), lecz również zmniejsza energochłonność poprzez kilkukrotne (2 – 3) zmniejszenie zużycia sprężonego powietrza transportującego.

Nowoczesne instalacje odpylania spalin i odprowadzania popiołów pracują w układach całkowicie zautomatyzowanych, przez co wpływ człowieka na jakość przebiegu procesu jest ograniczony do minimum.

Literatura

1. Bach S. : Problemy diagnozowania stanu technicznego suchych elektrofiltrów płytowych. Ochrona Powietrza 1990, nr 6.

2. Gramatyka F.: Dokumentacja techniczno–ruchowa podajników komorowych wysokociśnieniowego transportu pneumatycznego systemu „POLKO”. Mikołów 1993.
3. Gramatyka F., Homa D.: Szacunkowa ocena zmniejszenia zużycia sprężonego powietrza w instalacji transportu pneumatycznego popiołu. Opracowanie Kooperacji POLKO, Mikołów 1994.
4. Hausner J., Gołąbowski K.: Instalacja filtrów workowych typu „JET PULS” dla kotłów parowych w Elektrowni „Chorzów” S.A. Referat na posiedzeniu Komisji Energetyki PAN, Chorzów 1995.
5. Janka M.R.: Diagnostowanie budowy układu aerodynamicznego odpylacza elektrostatycznego. Ochrona Powietrza 1987, nr 3
6. Janka M.R.: Wpływ wybranych i stosowanych zaleceń konstrukcyjnych na stopień rozpyłu i skuteczność odpylania elektrofiltrów. Ochrona powietrza i problemy odpadów 1994, nr 2.
7. Janka M.R.: Diagnostowanie przyczyn niedyspozycyjności eksploatacyjnej odpylaczy elektrostatycznych. Ochrona powietrza i problemy odpadów 1994, nr 4.
8. Janka M.R.: Wpływ warunków eksploatacji na skuteczność odpylania, dyspozycyjność oraz trwałość odpylaczy elektrostatycznych. Ochrona powietrza i problemy odpadów 1995, nr 2.
9. Jędrusik M., Teisseyre M.: Współczesne problemy elektrostatycznego odpylania gazów odlotowych w energetyce. Ochrona Powietrza 1992.
10. Juda J.: Pomiary zapylenia i technika odpylania. WNT, Warszawa, 1968.
11. Juda J., Nowicki M.: Urządzenia odpylające. PWN, Warszawa 1979.
12. Kabsch P.: Odpylanie i odpylacze, tom 1. WNT, Warszawa 1992.
13. Knitter J.: Techniczno–ekonomiczne aspekty odpylania spalin w kotłowniach grzewczych. Ochrona powietrza i problemy odpadów 1994, nr 6.
14. Mieszkowski A.: Skuteczność odpylania nieszczelnych instalacji. Ochrona powietrza i problemy odpadów 1993, nr 6.
15. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 12 lutego 1990 r. w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami (Dz.U. nr 15 poz. 92) oraz wyjaśnienie MOSZNiL z 1990.08.14 do rozporządzenia.
16. SMS Skandinavisk Miljo Service A/S – Instalacja elektrofiltru elektrostatycznego Lurgi.
17. Sprawozdania z pomiarów skuteczności odpylania elektrofiltrów ELWO, Rothemuhle, i LURGI w Rafinerii TRZEBINIA, Elektrociepłowni TYCHY i Elektrowni DOLNA ODRA. ZPBE „Energopomiar” Sp. z o.o., Gliwice 1995.
16. Walther and CIE.AG – Elektrofiltry – materiały firmowe.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek Pronobis Prof. Politechniki Śląskiej

Wpłynęło do Redakcji: 10. 10. 1996 r.

Abstract

Introduction of restrictive emission regulations in Poland brings about the necessity of modernization of boiler flue-gas precipitators. The paper compares technical data as well as the operational results for few installations with high effectivity of precipitation (more then 99.75%) and dust concentration less then 50 mg/m³n. Following ash removing systems have been presented hermetic tube-rope transporters FULMAR and high-pressure installations for pneumatic transport with circulating flow.