

Rüdiger Margraf, LUEHR FILTER GmbH & Co. KG (tłumaczenie: Luhr Filter Polska) |

Kondycjonowana sucha sorpcja w instalacjach oczyszczania spalin dla spalarni odpadów - prostota i efektywność

Proces kondycjonowanej, suchej sorpcji z wykorzystaniem addytywu bazującego na Ca, stał się coraz bardziej popularny na przestrzeni ostatnich lat w zakładach zajmujących się spalaniem odpadów na terenie całej Europy. Metoda ta zyskała szczególne uznanie od momentu wprowadzenia w 2005 r. i obowiązującego również dzisiaj zakazu składowania odpadów na terenie Niemiec. Wtedy właśnie większość nowopowstałych spalarni odpadów i RDF w Niemczech została wyposażona w technologię suchej, kondycjonowanej sorpcji. Trend ten trwa nadal w odniesieniu do planowanych nowych instalacji termicznego przekształcania odpadów na terenie Europy i w innych częściach świata. W porównaniu do innych technologii, metoda ta dzięki jej stałemu rozwojowi, jest nie tylko niezawodna, ale też korzystna ze względów ekonomicznych.

■ Kondycjonowana sucha sorpcja

□ Opis ogólny

Przedstawiony schemat kondycjonowanej suchej sorpcji (rys. 1) opracowano na przykładzie instalacji LUEHR FILTER z bębniem kondycjonującym oraz procesem recyrkulacji i kondycjonowania cząsteczek. Główne elementy

instalacji stanowią: chłodnica parowa [z ang. *evaporate cooler*], urządzenie do wtrysku addytywu, reaktor z bębniem kondycjonującym, filtr tkaninowy oraz urządzenia do recyrkulowania cząsteczek ze zintegrowanym urządzeniem do ich kondycjonowania.

Chłodnica parowa [z ang. *evaporate cooler*] (kondycjonowanie gazu) zapewnia odpowiednie dostosowanie temperatury do przeprowadzenia reak-

cji pomiędzy cząsteczkami addytywu, a kwaśnymi molekułami gazowymi w przypadku gdy temperaturę za kotłem jest wyższa niż 160°C.

Etap separacji złożony jest z: reaktora z bębniem kondycjonującym i wtryskiem addytywu, filtra tkaninowego oraz wielokrotnej recyrkulacji cząstek wraz z ich kondycjonowaniem, zapewniają one:

- **stworzenie odpowiednich warunków do wystąpienia reak-**

cji poprzez proces recykulacji cząstek do $n \times 100 \text{ g/m}^3$

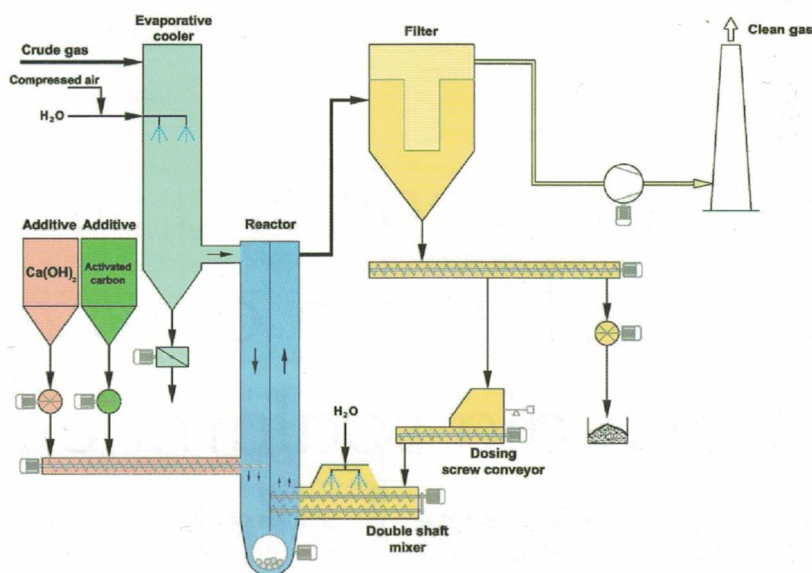
szczerólnie przy zastosowaniu wysokiego wskaźnika recykulacji addytywu, nawet do 50 powtórzeń, co znacznie zwiększa wydajność separacji kwaśnych komponentów gazu brudnego oraz/lub zmniejsza ilości wtryskiwanego addytywu [2],

- zwiększenie czasu pozostawiania cząstek addytywu w systemie,
- wyższe zagęszczenie addytywu w pobliżu reaktora, przed filtrem (czas reakcji w reaktorze dochodzi do > 2 sek.),
- nowe ułożenie przestrzenne recykulowanych cząstek addytywu prowadzi do częstiej przebudowy „filmu” filtracyjnego powstałego ze zgromadzonych na materiale filtracyjnym cząstek,

■ polepszenie separacji SO_2 poprzez zwilżenie recykulowanych cząstek.

Biorąc pod uwagę powyższe zależności i w wyniku zwiększenia wilgotności względnej i bezwzględnej gazów spalinowych, kondycjonowanie gazu pozytywnie wpływa na wyniki procesu sorpcji, jednak dobra wydajność addytywu, szczególnie dla separacji SO_2 , może być osiągnięta tylko wtedy, gdy ciśnienie parcjale pary wodnej wytrąca na rzecz cząstek addytywu zachodziło chociaż przez chwilę w zakresie ciśnienia pary nasyconej. Można to osiągnąć poprzez zwilżanie recykulowanych cząstek przed ich ponownym wtryskiem do reaktora. Do momentu odparowania wody dodanej do recykulowanych cząstek w mikserze, wilgotność obecna w recykulowanych cząsteczkach powoduje wzrost zawartości pary wodnej na powierzchni cząstek addytywu, zwiększając tym samym poziom ich reaktywności względem kwaśnych komponentów gazu brudnego.

Wyniki pracy zebrane z wielu instalacji potwierdzają osiągnięcie współczynnika stechiometrycznego poniżej



Rys. 1. Schemat technologiczny kondycjonowanej suchej sorpcji z kondycjonowaniem cząstek i gazu



Rys. 2. System oczyszczania i neutralizacji gazów MHKW Rothensee (Niemcy)

standardowej wartości 2 dla tego typu technologii [3, 4].

■ Przykłady zastosowania technologii

Niedawno zmodyfikowano działającą w niemieckiej spalarni śmieci instalację wykorzystującą technologię sorpcji natryskowej do technologii kondycjonowanej suchej sorpcji. Przyczyny zmiany

i zastosowania kondycjonowanej sorpcji suchej są następujące:

- przestrzeganie limitów poziomu emisji SO_2 i HCl nawet w przypadku ich nagłych i niespodziewanych wzrostów w gazie brudnym,
- wyraźne zmniejszenie zużycia addytywu związane z optymalizacją kosztów operacyjnych.

Rys. 2 przedstawia wspomnianą instalację po modernizacji. W konstruk-

cji całej instalacji pozostawiony został absorber natryskowy służący teraz jako chłodnica parowa [z ang. *evaporate cooler*] dostosowująca odpowiednio temperaturę dla reakcji. W celu zmniejszenia temperatury kwasowego punktu rosy i stopniowej sorpcji nadal stosowany jest wtrysk niewielkiej ilości addytywu na tym etapie. Główna ilość addytywu w formie $\text{Ca}(\text{OH})_2$ wtryskiwana jest natomiast w zależności od wartości gazu brudnego, bezpośrednio do reaktora przed filtrem. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ wytwarzany jest w instalacji w procesie hydratyzacji CaO . [3]

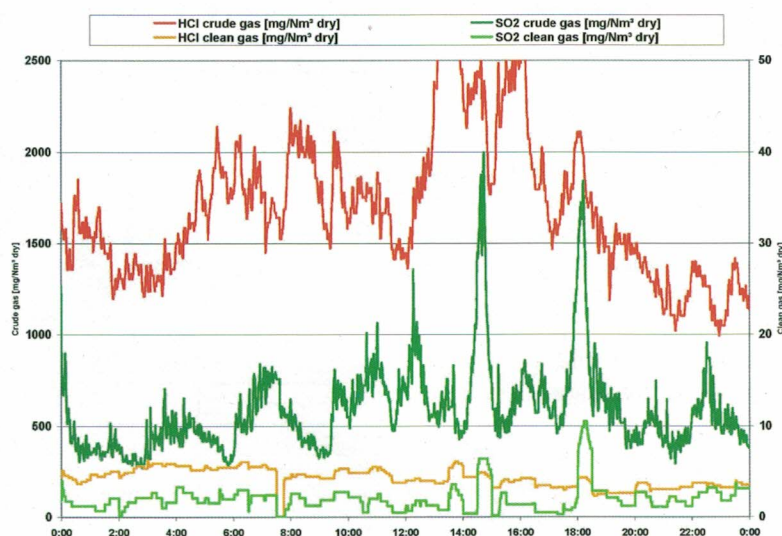
Rys. 3 przedstawia efektywność procesu separacji na podstawie ciągłego pomiaru gazu brudnego i gazu czystego dla HCl i SO_2 w ciągu 24 godzin. Przedstawiony wykres wyraźnie pokazuje, że dzięki wielokrotnej recyrkulacji cząstek oraz zwilżaniu cząstek recyrkulowanych wartości graniczne są na stałym poziomie nawet przy nagłych i niespodziewanych wzrostach stężenia HCl czy SO_2 w gazie brudnym.

Tab. 1 przedstawia podsumowanie pozytywnych rezultatów przeprowadzonej modernizacji. Wysoki wskaźnik recyrkulacji w połączeniu ze zwilżaniem recyrkulowanych cząstek znacząco wpływa na obniżenie kosztów związanych z ilością zużywanego addytywu.

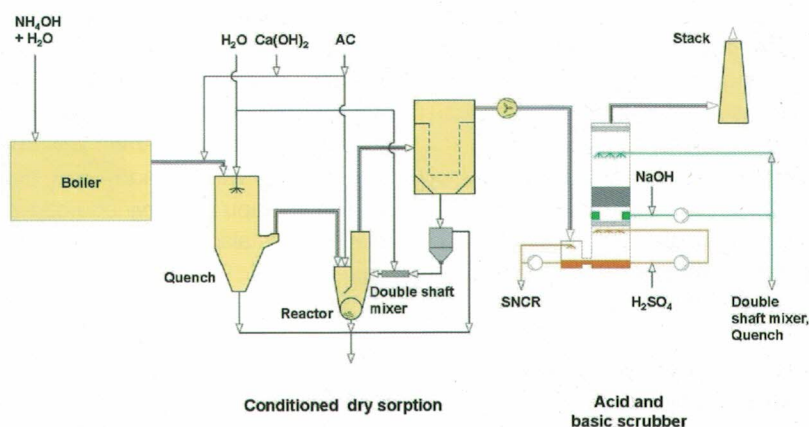
Wskaźnik stechiometryczny mógł być zredukowany z poziomu 3.3 do <1.8 . Ponadto separacja SO_2 mogła zostać poprawiona jako rezultat kondycjonowania cząstek. Bazując na prawie identycznych wartościach dla gazu brudnego, wartości w gazie czystym mogły zostać obniżone z $>30 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ do około $7 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ [4].

■ Połączenie kondycjonowanej suchej sorpcji z etapem precyzyjnego oczyszczania mokraj płuczką

Kondycjonowana sucha sorpcja w tej koncepcji funkcjonuje w taki sposób, że gaz na wyjściu spełnia wyma-



Rys. 3. Wykres trendów dla MHKW Rothensee



Rys. 4. Proces TwinSorp® kondycjonowanej suchej sorpcji i podstawowej oraz kwasowej płuczki

gania normy 17 BImSchV, lub dyrektywy Unii Europejskiej 2000/76/EC. W zależności od analizowanej aplikacji, pozostałymi zadaniami stawianymi mokrej płuczce na kolejnym etapie precyzyjnego oczyszczenia są:

- separacja NH_3 ,
- dalsza redukcja poziomu emisji, np. kwaśnych komponentów gazu brudnego,
- odzysk ciepła.

Wykorzystanie tego typu procesu jest szczególnie korzystne w przypad-

ku wysokich wymagań dotyczących redukcji NO_x . Redukcja NO_x będzie przeprowadzana przy pomocy procesu SNCR, jednakże wiąże się to z przedostawaniem się większych ilości NH_3 do strumienia gazu spalinowego. Separacja NH_3 odbywa się w kwaśnej mokrej płuczce. [5] Rys. 4 przedstawia schemat procesu połączonego. Rys. 5 ilustruje przykładową instalację z wykorzystaniem wspomnianej technologii. Proces ten nie generuje wody odpadowej.

■ Ocena omawianej technologii

Realizacja wielu instalacji z wykorzystaniem kondycjonowanej suchej sorpcji oraz doświadczenie zdobyte przez Luehr Filter na przestrzeni wielu lat działalności, potwierdza niezawodność i dalszy potencjał technologii, której stosowanie to przede wszystkim:

- spełnienie wymaganych limitów emisji podczas ciągłej pracy instalacji,
- zniwelowanie wpływu nagłych i niespodziewanych wzrostów wartości w gazie brudnym, poprzez duży potencjał addytywu znajdującego się w obrębie instalacji,
- zapewnienie wskaźnika stechiometrycznego o wartości przeważnie poniżej 2.0 dla $\text{Ca}(\text{OH})_2$ wtryskiwanego w celu odseparowania kwaśnych komponentów gazu brudnego,
- możliwość użycia CaO jako addytywu, co automatycznie redukuje koszty operacyjne,
- wtrysk addytywu AC na poziomie około 0.07 gr/scf,
- odpowiednio prosta konstrukcja gwarantująca wysoką niezawodność i dostępność.

W celu jak najlepszego wykorzystania potencjału przedstawionych tech-

Tab. 1. Rezultaty dla przeprowadzonej modernizacji instalacji

Measuring value	Unit	Prior to modification	After modification	Remarks
SO_{clean}	mg/m ³	31.4	7.1	considerably decreased
$\text{SO}_{\text{xcrude}}$	mg/m ³	571	597	almost the same
SO_{load}	kg/a	92,455	17,642	considerably decreased
$\text{HCl}_{\text{clean}}$	mg/m ³	6.4	6.8	almost the same
$\text{HCl}_{\text{crude}}$	mg/m ³	1,456	1,422	almost the same
HCl_{load}	kg/a	17,842	18,201	almost the same
$m_{\text{CaO, specific}}$	kg/t _{waste}		-7.1	considerably decreased
$m_{\text{Ca}(\text{OH})_2, \text{ specific}}$	kg/t _{waste}		-2.1	completely cancelled
$m_{\text{HOK, specific}}$	kg/t _{waste}		-0.3	slightly decreased
$m_{\text{remainder product, specific}}$	kg/t _{waste}		-12	considerably decreased
$m_{\text{H}_2\text{O}}$	kg/t _{waste}		± 0	constant
Stoichiometry	-	3.3	< 1.8	considerably decreased
ΔP_{plant}	mbar		± 0	constant
η_{plant}				slightly increased
$Q_{\text{electric, specific}}$	kW/t _{waste}		+5.5	slightly increased

nologii, wariant podstawowy kondycjonowanej suchej sorpcji może być dostosowany do wymagań danej instalacji poprzez wprowadzanie licznych modyfikacji, m.in. zastosowanie stopniowego wtrysku addytywu, czy kolejnego etapu precyzyjnego czyszczenia za instalacją kondycjonowanej suchej sorpcji.

□

Literatura

[1] M. Löschau, K. J. Thomé-Kozmiensky: *Reinigung von Abgasen aus der Abfallverbrennung; Energie aus Abfall Band 7, 2010.*

[2] R. Margraf: *Single and multi-stage procedures for the gas treatment downstream incineration plants; VDI-Wissensforum Betriebsmittel in der Rauchgasreinigung, Bremen, 2011.*

[3] R. Margraf: *Simple and effective – the conditioned dry sorption process for FGT downstream waste incinerators, International Recycling + Recovery Congress, Vienna, 2015.*

[4] Guido Lücker, *Optimisation of spray absorption of MHKW Rothensee - a challenge?, Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, Optimierung der Abfallverbrennung, 2015.*

[5] R. Margraf: *TwinSorp® - a simple process for increased requirements on the emission limit values i. a. for waste and RDF incinerators, considering the energy efficiency command: 6th symposium; Dry crude gas cleaning for solid fuel firings and thermal process technology, Haus der Technik Essen, 2010.*



Rys. 5. Spalarnia odpadów przemysłowych Oulu, Finlandia