



CHEMICZNE CZYSZCZENIE KOTŁÓW GRZEWCZYCH I WYMIENNIKÓW CIEPLNYCH

Niniejszy dokument nie jest szczegółową instrukcją chemicznego płukania konkretnego kotła grzewczego czy wymiennika ciepłego a zawiera tylko ogólne uwagi i wytyczne do opracowania szczegółowej instrukcji.

A- WPROWADZENIE I UWAGI OGÓLNE

Współczesne, kotły parowe i wodne oraz wymienniki ciepła o wysokiej wydajności i sprawności są powszechnie używane w przemyśle do generowania ciepła wykorzystywanego w procesach produkcyjnych i do ogrzewania.

W rezultacie, wymagane ilości ciepła przechodzą w kotłach i wymiennikach przez mniejszą metalową powierzchnię wymiany niż kiedykolwiek poprzednio. Sytuacja taka stawia m.in. nowe wymagania przed użytkownikami.

Koszt paliwa, zasilającego kotły i wymienniki, w wielu zakładach stanowi znaczącą część całkowitych kosztów zużywanego energii.

Energochłonność eksploatacji kotła i wymiennika zależy wprost od jego sprawności. Jednym z podstawowych warunków utrzymania niskiej energochłonności jest właściwe, regularne monitorowanie urządzeń.

Szczególnie monitorowanie temperatury spalin, pozwala wykryć obniżenie sprawności kotła, wynikające ze zwiększenia największej straty – tak zwanej wylotowej (kominowej) – „ucieczki” energii z gorącymi gazami spalinowymi. Wzrost temperatury spalin (tak jak i zwiększenie zawartości tlenu w spalinach), sygnalizuje obniżenie sprawności kotła. W wielu kotłach możliwa jest poprawa efektywności związana z ograniczeniem straty wylotowej. Strata ta jest tym większa, im większa jest ilość spalin i im wyższa jest ich temperatura. Ilość spalin i ich temperatura, o czym często się zapomina, zależy między innymi od grubości i rodzaju kamienia kotłowego.

W przypadkach nieprawidłowej eksploatacji kotła (np. wytwarzania spalin o zbyt wysokiej temperaturze, dla podtrzymania wydajności kotła), strata kominowa może nawet przekraczać 20%. Przyczyną takiego stanu jest najczęściej zanieczyszczony osadem kocioł, który nie jest w stanie odebrać całej ilości ciepła wytwarzanej przez poprawnie pracujący palnik/palenisko kotła.

Substancja, ogólnie nazywana kamieniem kotłowym lub osadem, jest najczęściej mieszanką, o różnych udziałach, węglanu wapnia (kredy), krzemianu wapnia i magnezu, siarczanu wapnia (gipsu) i produktów korozji (tlenków metali). Właściwości izolujące poszczególnych rodzajów kamienia kotłowego różnią się znacznie i zależą głównie od składu chemicznego osadu, jego porowatości (gęstości) i grubości.



CHEMICZNE CZYSZCZENIE KOTŁÓW GRZEWCZYCH I WYMIENNIKÓW CIEPLNYCH

Jak cienkie powłoki kamienia kotłowego mogą powodować duże wzrosty temperatury metalu kotła i wymiennika ciepłego oraz procentowe straty wydajności pokazuje poniższa tabela

Wpływ na kocioł najczęściej spotykanych kamieni

RODZAJ OSADU	GRUBOŚĆ OSADU [mm]	STRATA WYDAJNOŚCI [%]	WZR. TMP. ŚCIAN [°C]
Węglan wapnia	0,076	2,5	31
Węglan wapnia	0,102	5,0	90
Siarczan wapnia	0,229	2,5	31
Siarczan wapnia	0,457	5,0	90
Tlenek żelazowy	0,508	2,5	31

Innym przykładem zanieczyszczenia nowego kotła i wymiennika ciepła, osadami jest zamontowanie go w starej instalacji. Dodatkowa wymiana pompy zasilającej może wywołać większe natężenia przepływu, przenosząc osad, z reguły produkty korozji, z pozostałej części instalacji do kotła.

Zawarte w wodzie zasilającej kotły zanieczyszczenia, powodują korozję oraz osadzanie się kamienia na powierzchniach wymiany ciepła. Samo występowanie osadu kotłowego, to również poważne zagrożenie korozyjne urządzeń i instalacji.

Regularne czyszczenie kotłów w elektrowniach i dużych siłowniach jest od bardzo długiego czasu oczywistością. Natomiast w szeroko rozumianym przemyśle i usługach często jest zaniechaniane, a przecież przynosi zwiększone bezpieczeństwo ruchowe, zmniejszone obciążenie środowiska, a poprzez obniżenie kosztów paliwa staje się szybko opłacalne.

Regularne czyszczenie urządzeń jest częścią nieodzownej profilaktyki.

Można za tym zapytać: „Dlaczego niektóre zakłady przemysłowe zaniebują czyszczeniem kotłów i „wydmuchują” swoje pieniądze przez komin?” Odpowiedź może być tylko jedna. Duża część użytkowników kotłów ciągle ma błędne wyobrażenie o dużych nakładach i kosztach chemicznego czyszczenia, zapominając o ciągle rosnących kosztach paliw. Inna z kolei część użytkowników jeszcze ciągle ma obawy, że „chemikalia mogą doprowadzić do uszkodzenia ich kotła”. Na to ostatnie można tylko odpowiedzieć: „Tysiące oczyszczonych z powodzeniem w Polsce kotłów przeczy tym obawom”.

Wdrożenie chemicznego czyszczenia kotłów i wymienników przynosi wymierne efekty ekonomiczne m.in. z tytułu:

- oszczędności energii,
- zwiększenia wydajności pracy instalacji i urządzeń,
- zminimalizowanie awarii,



CHEMICZNE CZYSZCZENIE KOTŁÓW GRZEWCZYCH I WYMIENNIKÓW CIEPLNYCH

- wyeliminowanie wymiany (całkowitej lub częściowej) urządzeń i instalacji.

O skutkach nienormalnej eksploatacji przekonują tzw. uszkodzenia niemechaniczne kotłów, między innymi z tytułu przegrzania metalu w wyniku osadów. Uszkodzenia te zmuszają do drogich napraw

urządzeń, ich wymiany oraz przeprowadzenia przedwczesnych remontów średnich i kapitalnych. Degradacja kotłów spowodowana osadami, to w praktyce 100÷300% skrócenie ich żywotności. Kamień kotłowy może również spowodować zniszczenie ważnych elementów kotła, jak na przykład pompy, zawory, czy zwykłe rury, nawet wówczas, gdy kamień nie odkłada się bezpośrednio w nich. Powłoki kamienia kotłowego powodują zmniejszenie wymiany ciepła przez ścianki powierzchni ogrzewalnych, w wyniku ich kilkakrotnie mniejszego współczynnika przewodności cieplnej, co z kolei jest przyczyną obniżenia sprawności kotła i nadmiernego zużycia paliwa.

W poniższej tabelicy podano przykładowe wielkości przewodności cieplnej niektórych kamieni kotłowych i stali węglowej.

KAMIEŃ KOTŁOWY	TEMPERATURA [°C]	GĘSTOŚĆ [kg/m ³]	WSP. PRZEW. CIEPL [kcal/h m deg]	[W/m deg]
Bogaty w gips	300	2000-2700	0,60-2,00	0,698-2,326
Bogaty w krzemiany	300	300-1200	0,07-0,20	0,081-0,233
Bogaty w węglany	300	1000-2500	0,13-2,00	0,151-2,326
Stal węglowa 0,1% C	100 300	7850	45 40	52,335 46,520

Jak widać najgorszy kamień krzemianowy ponad 550 krotnie gorzej przewodzi ciepło niż stal węglowa.

Jaki kamień powstaje na powierzchni wymiany ciepła (jego skład chemiczny, porowatość) zależy od bardzo wielu czynników, między innymi od składu chemicznego wody zasilającej, zanieczyszczenia wody kotłowej, natężenia cieplnego powierzchni ogrzewalnej oraz intensywności odparowania wody.

Kamień twardy i ścisły powstaje przeważnie przy powolnym odparowaniu, natomiast miękki przy gwałtownym. Kamień gipsowy, bardzo ścisły i twardy, powstaje na powierzchniach o dużym obciążeniu cieplnym. Kamień krzemianowy, odznaczający się najniższym współczynnikiem przewodności cieplnej, który jest jednocześnie bardzo trudny do usunięcia, najczęściej spotyka się jako osad twardy i ścisły. Szybkość przekazywania ciepła jest wprost proporcjonalna do przewodności cieplnej powierzchni przekazujących ciepło. Obecność jakiegokolwiek kamienia na powierzchniach wymiany ciepła, może więc znacznie obniżyć prędkość przekazywania ciepła, przy temperaturach gazów spalinowych rosnących wprost proporcjonalnie.



CHEMICZNE CZYSZCZENIE KOTŁÓW GRZEWCZYCH I WYMIENNIKÓW CIEPLNYCH

Nie dziwi za tym, że kamień kotłowy zmniejsza sprawność kotła, ale również procesu grzewczego, w instalacjach centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej. Odłożenie się kamienia o grubości 1mm na powierzchni wymiennika, zmniejsza jego sprawność o ok. 10%, tym samym zwiększa zużycie paliwa o podobną wartość. Szacuje się, że wzrost kosztów eksploatacji tych urządzeń, na skutek odkładania się kamienia kotłowego, wynosi średnio ok. 20%.

Jednym, często pomijanym, objawem pracy kotła z kamieniem kotłowym jest jego głośna praca, nie związana z jakąkolwiek jego wadą np. nieszczelnością czy awarią. Dotyczy to przeważnie kotłów wodnych. W niektórych strefach kotła wodnego dochodzi do zagotowywania się wody, która w następnej strefie, zgodnie z kierunkiem przepływu, ulega gwałtownej kondensacji (implozja pary w wodzie). Zjawisko to jest wolniejsze, mniej gwałtowne, w ciepłej lub gorącej wodzie. Następujące po sobie te dwa zjawiska, odpowiedzialne są za głośną pracę kotła. Przy kotłach dobrze izolowanych ten sygnał ostrzegawczy może być jednak niesłyszalny. Uszkodzone kotły zazwyczaj mają za sobą historię głośnego działania i prawie wszystkie zawierają zbyt dużą ilość osadu, niekiedy w miejscach pęknięcia.

Wiele kotłów gromadzi osady powodujące marnowanie narastająco, od 10 do 35% paliwa, w ciągu tylko 5 lat. Niewiele już wtedy brakuje, do całkowitego zniszczenia kotła. Koszty zanieczyszczonych kotłów w kraju sięgają setek milionów złotych. Dotyczy to również tysięcy „wodnych”, domowych instalacji centralnego ogrzewania. Nie popełni się wielkiego błędu, gdy straty te przyjmie się przeciętnie jako 10% zużytego paliwa. Przy średnim rocznym zużyciu gazu przez domowy kocioł 1500m³/rok, oszczędność, przy aktualnych cenach gazu, może wynosić około 300zł na rok. Oszczędność paliwa uzyskana dzięki utrzymaniu czystości wewnątrz kotła, wymaga znacznie mniejszych nakładów finansowych niż stosowanie innych rozwiązań oszczędzających paliwo.

Zaleceniem dla wszystkich użytkowników kotłów powinno za tym być:

- Monitoruj wzrost temperatury gazów spalinowych.
- Utrzymuj czystość kotłów (sadza/kamień kotłowy).

Zalety chemicznego czyszczenia:

- duża skuteczność metod; osady rozpuszczają się szybko i skutecznie,
- względnie niski koszt zabiegu,
- szybkość wykonania operacji,
metody bezpieczne zarówno dla ludzi jak i urządzeń.

B- OGÓLNIIE O CHEMICZNYM CZYSZCZENIU

Kotły wodne, zgodnie z uznaną praktyką inżynierską, są czyszczone chemicznie, w zależności od istniejących osadów, w odpowiednich roztworach kwaśnych z inhibitorami korozji oraz roztworach zasadowych. W kotłach tych, w przeciwieństwie do kotłów wysokotemperaturowych i parowych, brak jest włazów rewizyjnych i wyczystkowych, przez które można dokonać rewizji wewnętrznej i



CHEMICZNE CZYSZCZENIE KOTŁÓW GRZEWCZYCH I WYMIENNIKÓW CIEPLNYCH

ocenić stan powierzchni grzewczej, pobierając przy tym próbki osadu. W tej sytuacji ustalenia doboru chemikaliów i warunków technologii nie prowadzi się w wyniku badań laboratoryjnych, ale w sposób uproszczony. Ponieważ w kotłach wodnych nie zachodzi nieustanne odparowanie i ciągły napływ świeżej wody, w wyniku czego następuje zagęszczanie różnych soli i szybsze tempo narastania kamienia kotłowego, dysponując nowoczesną technologią, do czyszczenia można przystąpić „z marszu”.

W zależności od wyników pomiaru pH, zmiany stężenia roztworu, przebiegu reakcji chemicznej, objawem której jest m.in. intensywność gazowania roztworu, intensywność i kolor piany, tempo zmiany barwy roztworu na ciemniejszą, można dokonać niezbędnej korekty preparatu lub wykonać drugą cyrkulację. Najczęściej, przy typowym osadzie kamienia w kotle co., wystarczają 1-2 cyrkulacje preparatami kwaśnymi. Inna różnica, która wręcz determinuje sposób czyszczenia kotłów niskotemperaturowych, wynika z rodzaju materiałów, z jakich są wykonane.

C- CO I JAK CZYŚCIMY?

kotły płomienicowo-płomieniówkowe ze stali kotłowej 1H18;
kotły płaszczowe na paliwo stałe ze stali kotłowej P265;
kotły kondensacyjne z wymiennikami ze stali nierdzewnej lub aluminium.

Szczególnie wrażliwe na osad kamienia kotłowego są kotły żeliwne, ponieważ zanieczyszczenia zawarte w zładzie co., w tym produkty utleniania żelaza, mogą spowodować osadzanie się szlamu w dolnej jego części. Jeżeli ilość osadu jest znaczna, następuje stopniowa jego krystalizacja do postaci twardego kamienia, a w konsekwencji zablokowanie przepływu wody w części bloku. Zjawisku temu sprzyja chropowata powierzchnia żeliwa.

Chociaż powierzchnie grzewcze wykonane ze stali kotłowej są bardziej odporne na przegrzanie, to jednak ze względów ekonomicznych powinny także być okresowo oczyszczane. Ponadto, w odróżnieniu od kotłów żeliwnych i wykonanych ze stali nierdzewnej, wymagają one pasywacji.

Wymienniki ciepła kotłów kondensacyjnych mogą być zbudowane ze stali kwasoodpornej, stopu aluminium-krzemowego lub aluminium. W tej sytuacji, dobierając preparat, należy uwzględnić jego prędkość korozji dla materiału, z którym podczas czyszczenia roztwór będzie miał kontakt okresowy.

Oceniając sposób wykonania czyszczenia kotła, należy poddać analizie jego konstrukcję, a w tym przede wszystkim obieg wody w kotle. Ponieważ ukształtowanie segmentów żeliwnych jest odpowiednio wyprofilowane, aby wywołać zawirowanie w celu lepszego odprowadzania ciepła z powierzchni grzewczej, podczas czyszczenia przy włączonym palniku, kierunek cyrkulacji musi odpowiadać temu, jaki jest w instalacji. W przeciwnym razie może dojść do uszkodzenia kotła w wyniku przegrzania spowodowanego gwałtownym miejscowym odparowaniem roztworu i pracy „na sucho”.

Aby szybko i skutecznie wykonać czyszczenie, należy zastosować odpowiedni preparat. Kryteriami jego doboru są: jak najkrótszy czas usunięcia osadu - przy dużej prędkości liniowej roztwarzania w odpowiednio dobranym roztworze, przy znikomej korozyjności w stosunku do kotła i przy minimalnym zużyciu preparatu kupionego w przystępnej cenie, a wszystko to jednocześnie



CHEMICZNE CZYSZCZENIE KOTŁÓW GRZEWCZYCH I WYMIENNIKÓW CIEPLNYCH

przy braku niebezpieczeństwa poparzeń, przykrego zapachu, a jednocześnie możliwości spuszczenia zneutralizowanych popłuczyn do kanalizacji. Dlatego zaleca się stosowanie preparatu, który przeszedł certyfikację i uzyskał atest, np. w Narodowym Instytucie Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, który dopuszcza chemiczne czyszczenie wymienników preparatem **BIORUSTER**. Zarówno wykonawca czyszczenia, jak i inwestor mają wówczas pewność, że preparat jest bezpieczny i łatwy do neutralizacji.

D- JAK CZYŚCIĆ? –ETAPY PROCESU

Dysponując preparatem i technologią, można przystąpić do czyszczenia. Podłączenie agregatu czyszczącego do armatury kotła jest proste. Jedynym warunkiem jest odłączenie kotła od instalacji, co oznacza, że podłączenie powinno nastąpić na odcinku między zamkniętymi zaworami odcinającymi na zasilaniu wody gorącej i powrotu wody zimnej a kotłem. Najczęściej podłączenie następuje do:

- króćca zaworu bezpieczeństwa;
- króćca serwisowego;
- zaworu spustowego;
- szybkozłączek rur wody gorącej i zimnej,

co zapewnia uzyskanie maksymalnego przepływu roztworu podczas cyrkulacji.

Problem nieco komplikuje się w przypadku kotłów z naczyniem zbiorczym otwartym, gdzie, w wyniku częstego uzupełniania zładu wodą nieuzdatnioną, występuje znacznie większa ilość kamienia kotłowego do roztworzenia.

Podłączając agregat, należy uwzględnić położenie naczynia zbiorczego, ponieważ podczas cyrkulacji wymuszonej pompą, wzrośnie nadciśnienie w układzie spowodowane dodatkowo dużą ilością gazów powstałych w wyniku reakcji chemicznej roztwarzania kamienia. Aby uniemożliwić niekontrolowany wypływ roztworu przez naczynie zbiorcze, należy zamknąć zawory odcinające powyżej kolektorów wylotowych i wspawać króćce serwisowe z zaworem lub zastosować dwa agregaty: ssący i tłoczący. Taki sposób cyrkulacji spowoduje niezakłócony odbiór gazów i piany, które powstają w wyniku reakcji chemicznej roztwarzania kamienia kotłowego w zbiorniku zarobowym agregatu, gdzie nastąpi odgazowanie.

Istotna kolejność

Chemiczne czyszczenie kotła powinno przebiegać w następującej kolejności:

- Dokonać niezbędnego demontażu armatury i odłączenia wyposażenia.
- Zamknąć zawory na instalacji, odcinając kocioł od obiegu co.
- Otworzyć zawór spustowy i spuścić wodę z kotła.

Na podstawie oceny obiegu wody kotłowej i sposobu podłączenia instalacji co. zdemontować elementy armatury, w celu umożliwienia wkręcenia w nie króćców i podłączenia węży.

- Nalać wody do zbiornika agregatu.
- Uruchomić pompę i sprawdzić szczelność połączeń. Wszelkie nieszczelności należy usunąć.
- W przeciw-prądziu przepłukać kocioł (zasilanie od góry, powrót odmulin dołem). Przepływ wody pod dużym ciśnieniem spowoduje wypłukanie szlamu, który jeszcze nie skryształizował się

do postaci twardego kamienia kotłowego.

- Wylać brudną wodę, wlać nową i powtórzyć płukanie, określając ilość wody wprowadzonej do obiegu.
- Poprzez zmianę ustawienia zaworów agregatu zmienić kierunek cyrkulacji i przy pracującej pompie cyrkulacyjnej uruchomić palnik i podgrzać roztwór do 50°C .
W przypadku, gdy konstrukcja kotła wymaga zdemontowania części aparatury kontrolno-pomiarowej kotła, a system zabezpieczeń nie pozwala na uruchomienie palnika, czyszczenie kotła zaleca się prowadzić z wykorzystaniem podgrzewu roztworu. W tym celu załączyć grzałki, a termostat agregatu nastawić na 50°C.
- Dodać, w stosunku do ilości wody, 1/10 preparatu.
- Wyłączyć palnik, a jeżeli czyszczenie kotła prowadzone jest bez jego uruchamiania, przy załączonych grzałkach agregatu, dalej cyrkulować roztwór przez godzinę.
- Prowadzić kontrolę wizualną roztworu, oceniając wzrokowo ilość powstających pęcherzyków gazów oraz gęstość powstającej piany, które świadczą o intensywności przebiegu reakcji.
- W trakcie cyrkulowania roztworu systematycznie mierzyć temperaturę.
- Po zaniku oznak burzliwego przebiegu reakcji w postaci piany, w odstępach 20 min, mierzyć pH roztworu lub oznaczać jego stężenie metodą alkacymetrii.

Po określeniu końca reakcji, oznaką której jest uzyskanie dwukrotnie tych samych wyników pomiaru (oznaczenia), zneutralizować roztwór i spuścić do kanalizacji.

W zależności od rodzaju kamienia, w razie konieczności, czyszczenie powtórzyć innym stężeniem preparatu , po kolejnych 2 godzinach neutralizować roztwór.

Dokładnie kilkakrotnie wypłukać kocioł wodą, zmieniając kierunek przepływu. Płukać do momentu, aż pH popłuczyn będzie się mieściło w granicach 6,5-8.

Po zakończeniu czyszczenia należy przeprowadzić kontrolę efektów polegającą na pomiarze oporów przepływu (określeniu różnic w ciśnieniu odczytanym z manometrów, spowodowanych oporem przepływu przed i po czyszczeniu) lub pomiarze przewodnictwa.

Poniższy album zdjęć przedstawia poszczególne etapy procesu chemicznego czyszczenia zanieczyszczenia wymiennika ciepłego

Zdjęcie nr 1 i 2

Stan wymiennika przed czyszczeniem

HORIZON

CHEMICZNE CZYSZCZENIE KOTŁÓW GRZEWCZYCH I
WYMIENNIKÓW CIEPLNYCH



Zdjęcie nr 3 i 4

Stanowisko z podłączeniami do pompy cyrkulacyjnej



Zdjęcie nr 5

Proces płukania i efekt wypłukiwania się zbędnych złożeń



Zdjęcie nr 6,7 i 8

Stan wymiennika po chemicznym płukaniu



