

Wpływ jakości wody kotłowej na eksploatację oraz serwis kotłów wodnych i parowych

Effects of the boiler water quality on the running and maintenance of water and steam boilers

dr inż. Leszek ZIÓŁKOWSKI

Leszek Ziółkowski
PPH Kamix Sp z o.o. Sp.k.



W KILKU SŁOWACH

Kamień kotłowy na powierzchni grzewczej jest świetnym izolatorem, jego przewodnictwo ciepłe jest 20 razy mniejsze niż stali kotłowej. Nie tylko termin rewizji wewnętrznej, ale też duża ilość osadzonego kamienia powinna być powodem zatrzymania pracy kotła i przeprowadzenia chemicznego czyszczenia.

Podstawą produkcji energii cieplnej i elektrycznej są urządzenia energetyczne, gdzie czynnikiem transportującym energię ciepłą jest woda. Bardzo ważne jest aby znać podstawowe właściwości wody, które wpływają na sprawność energetyczną urządzeń i ich eksploatację. Woda płynąca w instalacji może wydzielać osady ze związków niej zawartych ale jest także przyczyną korozji, która powoduje powstawanie osadów o składzie zawierającym związki z których zbudowana jest instalacja.

Osady na powierzchni grzewczej kotłów

Kamień kotłowy na powierzchni grzewczej jest świetnym izolatorem, który zmniejsza zdolność podgrzewu wody w kotle, zwiększając jednocześnie stratę kominową. W przemysłowych kotłach parowych i wytwornicach pary można spotkać cztery podstawowe typy kamienia kotłowego.

Pierwszy - kamień węglanowy (zdjęcie 1) - występuje w przypadku nieprawidłowej pracy stacji zmiękczenia wody, gdy obok węglanów, których złożę jonitowe nie absorbuje, do kotła przedostają się także jony wapnia i magnezu. Kamień taki jest biały lub beżowy i może zawie-



SUMMARY

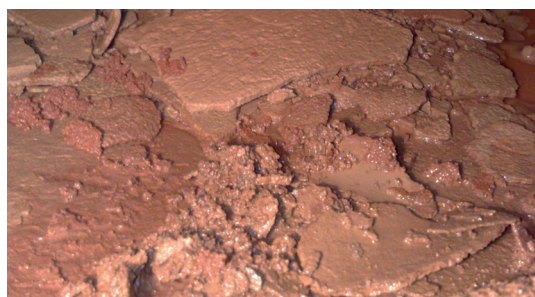
Limescale on heating surfaces acts as a highly efficient insulator, its thermal conductivity being 20 times lower than that of steel. The boiler should be shut down not only for a standard inspection of the interior surfaces, but also whenever a considerable amount of limescale is observed, which requires chemical cleaning.

rać nawet do 50% węglanu wapnia CaCO_3 , z dodatkiem węglanu magnezu MgCO_3 i $\text{Mg}(\text{OH})_2$, a także tlenków żelaza, będących produktami korozji. Powstaje on w wyniku zachwiania równowagi wapniowo-węglanowej. Wolny wapień w wodzie łączy się z rozpuszczonym dwutlenkiem węgla, aby poprzez reakcję chemiczną wspólnie z nim odłożyć osad.



zdjęcie 1

Drugi typ kamienia występujący w kotłach wysokotemperaturowych podgrzewających wodę w instalacjach c.o. i parowych to osady zawierające tlenki żelaza (zdjęcie 2). W instalacjach wykonanych ze stali czarnej powstaje czarny osad, charakteryzujący się dużą zawartością tych tlenków tzw. magnetytu Fe_2O_3 - zdjęcie 3. Przyczyną powstawania magnetytu jest reagowanie elementów żelaznych z tlenem rozpusz-

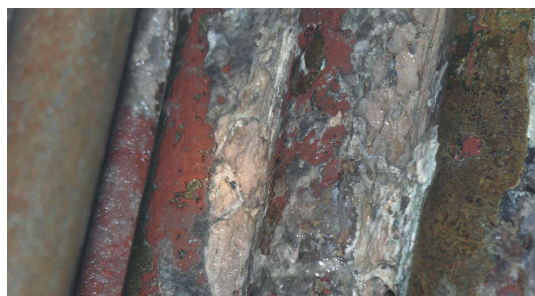


zdjęcie 2



zdjęcie 3

czonym w wodzie. Właśnie tlen, który dostał się wraz z wodą do instalacji c.o. przy obniżonym pH np. wskutek zawartości w niej agresywnego CO_2 , jest odpowiedzialny za korozję stali w myśl reakcji: $\text{Fe} + 1 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}^{+2} + 2\text{OH}^-$. Powstające jony żelaza dwuwartościowego Fe^{+2} są następnie utleniane tlenem z wody do związków żelaza trójwartościowego Fe^{+3} , przez co wytrącają się z wody na wewnętrznych powierzchniach kotłów, rur, grzejników i wymienników ciepła c.o. Kamień ten ma kolor ciemnobrązowy do czarnego.



zdjęcie 4

Trzeci typ - kamień siarczanowy (zdjęcie 4) – jest koloru szarego i zawiera ponad 50% Ca-SO_4 . Jest twardy, ściślejszy i trudniejszy do usunięcia niż kamień węglanowy. Najczęściej powstaje na płomienicy kotła. Jest trudno rozpuszczalny i posiada trzy razy mniejszą przewodność cieplną. Nieusunięty z płomienicy kamień siarczanowy, w wyniku co raz wyższej temperatury, ulega dalszemu utwardzeniu, z czasem przechodząc w biały gips przypominający szklisty i wyjątkowo twardy arcoroc (zdjęcie 5).



zdjęcie 5

Ostatni typowy rodzaj – krzemionka SiO_2 (zdjęcie 6), jest najczęściej koloru ceglastego lub bordowego i powstaje na najbardziej obciążonych cieplnie częściach kotła np. na ścianie sitowej - w okolicy pierwszego nawrotu spalin, dolnej części płomienicy i na płomieniówkach. Składa się z krzemianów wapnia CaSiO_3 i magnezu MgSiO_3 oraz z glinokrzemianów. Występuje w kotłach parowych zasilanych wodą o dużej zawartości krzemionki. Odparowanie wody w kotle powoduje zagęszczanie krzemionki co niejednokrotnie prowadzi do przekroczenia granicy jej rozpuszczalności powyżej której następuje wytrącanie osadu. Odznacza się dużą twardo-



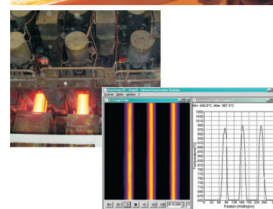
BEZDOTYKOWY POMIAR TEMPERATURY

**PIROMETRY
SKANERY LINIOWE
KAMERY TERMOWIZYJNE**

Raytek
A Fluke Company

Xenics
Infrared Solutions

-40...3000°C



PIROMETRY

Jedno i dwubarwowe, ze światłowodem lub bez. Pomiar przez wierzniaki, zapylenie, w pobliżu silnych pól elektromagnetycznych czy w wysokiej temperaturze otoczenia. Możliwość podłączenia kilku głowic do jednego przetwornika (seria MI3) z Profibusem, RS485 lub Modbusem. Także do pomiaru płomienia i pracy w strefie Ex.

SKANERY LINIOWE

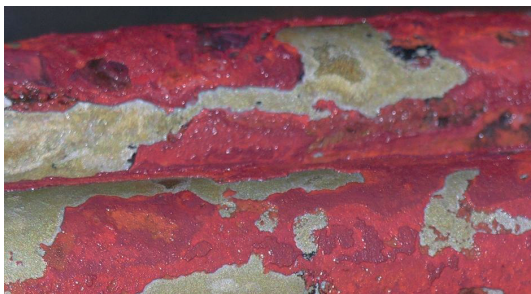
Pomiar temperatury do 1024 punktów w jednej linii. Częstotliwość do 150 linii/s. Oprogramowanie do kontroli procesów przemysłowych. Zaawansowane funkcje alarmowe i kontroli procesu. Serwer http i OPC. Praca w temperaturze otoczenia do 1090 °C w specjalnej obudowie.

KAMERY TERMOWIZYJNE

Kamery termowizyjne o zakresach spektralnych od 0,4 do 14 μm . Kontrola wizyjna procesów wysokotemperaturowych z opcją pomiaru temperatury do 2000 °C. Obudowa do pracy w otoczeniu do 400 °C. Różne obiektywy. Oprogramowanie producenta i biblioteki SDK.

Organizujemy prezentacje i testy oferowanych urządzeń u Klientów.
Dodatkowe informacje na www.irtech.pl

IRtech[®]



zdjęcie 5

ścią i najmniejszym przewodnictwem cieplnym. W kotłach pracujących w energetyce zawodowej, ze względu na znacznie wyższą jakość wody kotłowej oraz wykorzystanie kondensatu, spotykane są odmienne osady, głównie żelaza, miedzi i organiki. Ponadto na powierzchniach łopatek turbin występują tlenki miedzi, tlenki żelaza, fosforany, siarczany oraz krzemionka.

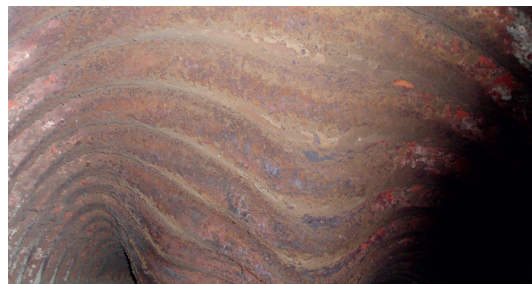
Jak pieniądze ulatują przez komin

Ze względu na coraz wyższe koszty energetyczne produkcji pary i gorącej wody, problem właściwego serwisu kotłów nabiera wyjątkowego znaczenia. Coraz częściej można zauważyć chęć oczyszczenia powierzchni grzewczej kotłów nawet wówczas, gdy urządzenie posiada jeszcze ważne dopuszczenie do eksploatacji. Wynika to z bieżącego monitoringu zużycia paliwa oraz pomiaru temperatury spalin dla racjonalizacji kosztów. Mierząc stratę kominową i porównując ją do stanu początkowego jesteśmy w stanie stosunkowo precyzyjnie obliczyć czy czyszczenie chemiczne jest ekonomicznie uzasadnione. Zanieczyszczenie powierzchni grzewczej kamieniem kotłowym (po stronie wodnej) i sadzą (po stronie ogniowej) oraz niewłaściwa regulacja palników jeszcze powiększają te straty. W wyniku prowadzonych badań obliczono wzrost temperatury zakamienionej powierzchni grzewczej kotła w zależności od rodzaju osadu, jaki powoduje tworzenie się izolacyjnej warstwy kamienia, które przedstawiono w tabeli 1.

Przewodnictwo cieplne kamienia kotłowego jest 20 razy mniejsze niż przewodnictwo stali, z której zbudowane są kotły. Ponadto część wyprodukowanego bądź przesyłanego ciepła kumuluje także kamień. Jak wynika z tabeli 1, a co potwierdza praktyka chemicznych czyszczeń, kamień kotłowy może doprowadzić do uszkodzenia powierzchni ogrzewalnej kotła najbar-

Rodzaj kamienia	Kamień węglanowy			Kamień siarczany			Kamień krzemianowy			Osady organiczne		
Grubość osadu na powierzchni grzewczej [mm]	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
Wzrost temperatury powierzchni grzewczej [°C]	80	100	110	175	250	300	280	400	480	400	500	600

dziej obciążonej cieplnie. Są to głównie płomienica, płomieniówki oraz spawy na połączeniu płomieniówek ze ścianą sitową przy pierwszym nawrocie oraz dolne odcinki rur kotłów opłomkowych. W skrajnych przypadkach, gdy nieskryształizowany jeszcze kamień, który w postaci mułu opadł na dno kotła, a nie jest on trakcie odmulania usuwany z kotła, w części dolnej walczaka, między jego dnem a ścianą płomienicy, może dojść do utwardzenia szlamu do postaci zwartej osady i przegrzania płomienicy. Nadmierne przegrzanie płomienicy może doprowadzić do jej zapadnięcia zdjęcie 7



zdjęcie 7

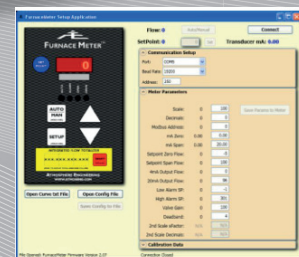
Dozór techniczny urządzeń ciśnieniowych

Aby zapewnić bezpieczną eksploatację UC, objęte są one dozorem technicznym i mogą być użytkowane tylko na podstawie decyzji zezwalającej na eksploatację wydanej przez odpowiedni organ właściwej jednostki dozoru technicznego (wpis do Książki rewizyjnej urządzenia) wraz z ustaloną formą dozoru technicznego. W stosunku do kotłów parowych i wodnych wysokotemperaturowych oraz części kotłów niskotemperaturowych, obowiązuje forma dozoru pełnego, polegającego na realizacji badań okresowych i doraźnych: zazwyczaj co trzy lata rewizji wewnętrznej i próby ciśnieniowej oraz corocznej rewizji zewnętrznej. Rewizja wewnętrzna obejmuje ocenę wizualną stanu ścianek urządzenia ciśnieniowego, jego połączeń rozłącznych i nierozłącznych oraz osprzętu zabezpieczającego

NOWOŚĆ NA RYNKU POLSKIM

Łatwy monitoring ilości i kosztów gazów i cieczy TOTAL-METER™

- **Total-Meter™** jest zaprojektowany do zainstalowania bezpośrednio na instalacji gazu lub cieczy.
- Kontaktowa konstrukcja pozwala na montaż w dowolnym miejscu instalacji.
- Elektroniczny przepływomierz ze zintegrowanym oprogramowaniem do kalkulacji zużycia i kosztów.
- Zintegrowane, programowane alarmy minimalnego i maksymalnego przepływu.
- Łatwy pomiar zużycia gazów takich jak: Acetylen, Powietrze, Amoniak (tylko model HP), Argon, Butan, Dwutlenek Węgla, Zdysocjowany Amoniak, Atmosfera Endotermiczna i Egzotermiczna, Hel, Wodór, Metan, Gaz Ziemny, Azot, Tlen, Propan, LPG, Propylen.
- Łatwy pomiar zużycia cieczy (tylko model HP) takich jak: Alkohol, Metanol, Olej, Woda
- **Total-Meter™** to elektroniczny przepływomierz z wbudowanym układem sumującym zużycie oraz koszty zużycia i cieczy przemysłowych.
- **Total-Meter™** wykorzystuje pomiar różnicy ciśnień przepływu gazów i cieczy. Aktualny przepływ wyświetlany jest na wyświetlaczu LED **Total-Meter™** jak również retransmitowany za pomocą sygnału 4-20mA.
- Dodatkowo **Total-Meter™** zbiera informacje o zużyciu gazów lub cieczy aż do 999,999,999,999 jednostek i przekazuje do oprogramowania zainstalowanego na komputerze PC za pomocą ModbusRTU lub RS-485/232.
- Dołączone oprogramowanie umożliwia autoamtyczną kalkulację kosztów zużycia gazów i cieczy.



AVION
CENTRAL EUROPE

Tel: 61 625 07 13 / Fax: 68 41 45 437 / Kom: 504 215 130
Email: info@avion-central-europe.eu

www.avion-central-europe.eu

BUDOWA I REMONTY PIECÓW PRZEMYSŁOWYCH

Serdecznie zapraszamy do współpracy!

refra
SERWIS
TECHNIKI OGNIOTRWALE
REFRACTORY TECHNICS

*Mamy ogień
pod kontrolą, ...*

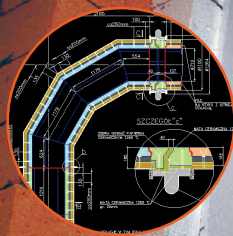
www.refraserwis.com.pl

Refraserwis Sp. z o.o. w Dąbrowie Górniczej jest firmą ze 100% kapitałem polskim oferującą szeroki zakres usług z branży ogniotrwałego budownictwa przemysłowego.

Oferta firmy obejmuje:

- Budowę i remonty ogniotrwałych instalacji przemysłowych
- Projektowanie wyłożyń ogniotrwałych
- Wygrzewanie obiektów przemysłowych
- Dobór oraz sprzedaż materiałów ogniotrwałych
- Produkcję ogniotrwałych prefabrykatów betonowych
- Projektowanie i wytwarzanie konstrukcji stalowych pieców

Jesteśmy obecni niemalże w każdej branży przemysłu, a w oparciu o nasze doświadczenie oraz Know-how oferujemy różne rozwiązania od projektu aż po serwis...





i ciśnieniowego. W technicznie uzasadnionych przypadkach taka ocena wizualna, może być uzupełniona lub zastąpiona innymi badaniami np. badaniem grubości ścianek za pomocą EMA

Rewizja zewnętrzna obejmuje zewnętrzną oględziny urządzenia ciśnieniowego i osprzętu w miejscach dostępnych, a w miarę możliwości także sprawdzenie działania tego osprzętu. W uzasadnionych przypadkach, na wniosek eksploatującego urządzenie ciśnieniowe, dodatkowo wykonuje się badania doraźne eksploatacyjne. Ich zakres i sposób przygotowania do nich urządzenia ustala organ właściwej jednostki dozoru technicznego, w zależności od okoliczności uzasadniających ich przeprowadzenie.

Najczęstszym przypadkiem zakwalifikowania kotła do chemicznego czyszczenia jest negatywny wynik rewizji wewnętrznej i oceny stanu czystości powierzchni grzewczej. Z praktyki wiadomo, że już występowanie osadu kamienia kotłowego o grubości powyżej 1 mm kończy się zaleceniem przez inspektora dozoru technicznego wykonania chemicznego czyszczenia. Przy mniejszej ilości kamienia (zakamienione 50% powierzchni grzewczej, osad o grubości < 2 mm) oraz dobrym stanie technicznym, kocioł zezwala się jeszcze warunkowo eksploatować przez pewien okres, co daje jego użytkownikowi czas na przygotowanie i wykonanie czyszczenia. Dlatego stan powierzchni grzewczej należy okresowo kontrolować, aby potem uniknąć zaskoczenia.

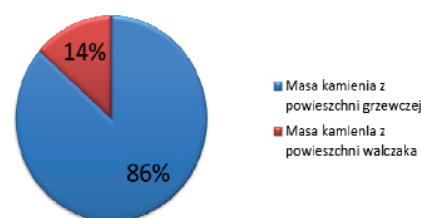
Przy wykonywaniu rewizji wewnętrznej kotła bardzo ważnym jest określenie ilości zalegających osadów i ich grubości. Brak tych informacji znacznie utrudnia zakładom oferującym usługi chemicznego czyszczenia wykonania prawidłowej i rzetelnej oferty. Kolejnym bardzo ważnym czynnikiem mającym wpływ na jakość wykonania usługi chemicznego czyszczenia jest pobranie reprezentatywnych próbek kamienia. Bardzo często zdarza się, że pobierane są próbki szlamu z dna kotła lub świeży nieskrystalizowany osad. Taki osad najłatwiej pobrać z kotła, gdyż łatwo się odspaja. Tak pobrane próbki mogą być przyczyną bardzo dużych problemów podczas wykonywania czyszczenia, gdyż może się okazać, że najbardziej reprezentatywny kamień to ten, który ściśle przylega do płomienicy i płomieniówek i nie poddaje się procedurom czyszczenia, które zostały sprawdzone na źle pobranych próbkach.

Częstym błędem popełnianym przy szacowaniu ilości chemikaliów jest obliczanie ilości kamienia na podstawie powierzchni grzewczej kotła, a przecież kamień osadza się również na wewnętrznej powierzchni walczaka kotła i z tym kamieniem również będzie reagował preparat czyszczący

Dlatego aby pomóc użytkownikom kotłów już na etapie wyników rewizji wewnętrznej kontrolować sytuację, poniżej przedstawiono przykładowe obliczenie ilości kamienia do usunięcia w kotle HTO 100, o wielkości powierzchni grzewczej 22 m² i pojemności walczaka 10,3 m³, po kilku latach eksploatacji. Ilość osadu do rozтворzenia oblicza się wg wzoru: $m_k = q \times S \times F$, gdzie:

- m_k - masa osadu kamienia do usunięcia [kg],
- S_1 - średnia grubość osadu [mm] na powierzchni grzewczej (p_g) 3 mm;
- S_2 - średnia grubość osadu [mm] na powierzchni walczaka (p_w) 1 mm;
- q - gęstość kamienia ok. 3,2 g/cm³ (określona w trakcie badań symulacyjnych);
- F - pole zakamienionej powierzchni [m²]: $F_{pg} = 22$, $F_{pw} = 10,3$
- Masa kamienia z powierzchni grzewczej $m_{kpg} = 3,2 \times 3 \times 22 = 211$ kg
- Masa kamienia z powierzchni walczaka $m_{kw} = 3,2 \times 1 \times 10,3 = 33$ kg
- Razem masa osadu $m_k = 211 + 33 = 244$ kg

Osad w kotle HTO 100



Jak można zauważyć, osad z powierzchni walczaka stanowi 15,6% i przy jego nieuwzględnieniu, mogłoby dojść do sytuacji, w której roztwór czyszczący uległby szybszemu zużyciu w reakcji w takim „łatwiejszym” kamieniem z walczaka i w konsekwencji nie roztworzenia twardego osadu z powierzchni grzewczej płomienicy. Podsumowując należy stwierdzić, że właściwy monitoring urządzeń energetycznych oraz prawidłowo przeprowadzone rewizje wewnętrzne wraz z pobraniem reprezentacyjnych próbek osadów zalegających w urządzeniach dają duże oszczędności ekonomiczne i znacznie wydłużają czas eksploatacji urządzeń energetycznych.

