



# VIDEOFIL - najnowocześniejsza w Europie środkowo-wschodniej wysokotemperaturowa sonda wizyjna

**VIDEOFIL- up to date, in the central-eastern Europe, device for high temperature inspections.**

\* mgr inż. Grzegorz JAKUBINA, mgr inż. Paweł OKARMUS

\*Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze, Grzegorz Jakubina, gjakubina@ichpw.zabrze.pl



## W KILKU SŁOWACH

Na wszystkich pracujących piecach przemysłowych w miarę upływu czasu powstają różnego rodzaju usterki. Dużą ich część można w prosty sposób zidentyfikować i w trybie różnego rodzaju zabiegów remontowych usunąć. Najczęściej jednak poza precyzyjną oceną pozostaje spora część istotnych elementów pieca pracujących w wysokich temperaturach. Do takich elementów należy np.: rozgrzana część pracującej ceramiki pieca, której stan techniczny w dużej mierze nie tylko decyduje o żywotności obiektu (tak jest np.: w przypadku pieców koksowniczych), ale często o celowości i metodyce planowanych działań remontowych. Istotnym z tego punktu widzenia stało się poszukiwanie metod bieżącego monitorowania stanu tych elementów bez potrzeby wyłączania obiektu z eksploatacji.

Aktualnie Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla jest w posiadaniu najnowocześniejszego urządzenia dla oceny stanu rozgrzanych elementów pieca - sondy wizyjnej VIDEOFIL produkcji francuskiej. Obecnie urządzenie to wykorzystywane jest do oceny stanu ceramiki pracujących pieców koksowniczych (kanałów grzewczych, komór koksowniczych i regeneratorów). Uzyskiwany za jej pomocą obraz z wnętrza ocenianych, rozgrzanych elementów pieca pozwala na wykrycie nawet najdrobniejszych ich defektów i odpowiednio szybkie podejmowanie działań profilaktycznych

oraz remontowych. Sonda wizyjna pracuje w temperaturze do 1400°C oraz posiada możliwość rejestracji obrazu w jakości HD.

W niniejszym artykule przedstawiono budowę wysokotemperaturowej sondy wizyjnej VIDEOFIL oraz na przykładzie oceny stanu ceramiki kanałów grzewczych baterii koksowniczej praktyczne możliwości jej wykorzystania.



## SUMMARY

In every industrial furnace during its operation many various faults occur. Many of them can be easily identify and removed. But in most cases the furnaces elements operate under high temperature and stays out the inspection range. For the example, elements such as furnaces brickwork, which technical condition decides about object life and maintance applications, must be inspected as often as possible. Very important matter become to find the method allowing to monitor technical condition of the various elements of the industrial furnaces without a need to putting them out of service.

Currently Institute for Chemical Processing of Coal possesses up to date made in France vision probe for high temperature industrial furnaces brickwork inspections – VIDEOFIL. Now days the device is being used for inspections of the coke oven battery ceramic brickwork (heating flues, coke



oven chambers, regenerators). Footage recorded during inspections allows to identify even smallest faults which ultimately allows performing maintenance and repairs works adequate to the technical condition of the evaluated elements.

Presented article describes construction of the VIDEOFIL machine and its practical capabilities on the example of the coke oven battery heating flues inspections.

## Wprowadzenie

**P**oprawna eksploatacja wszystkich urządzeń wiąże się zawsze z możliwie szerokim monitorowaniem ich stanu techniczno-technologicznego. Tylko bowiem odpowiedni zasób informacji na temat warunków jego pracy gwarantuje skuteczność podejmowanych działań nie tylko regulacyjnych, ale przede wszystkim profilaktyczno-remontowych, gwarantujących utrzymanie jego żywotności. Piece przemysłowe, ze względu na trudne warunki pracy i oddziaływanie wielu destrukcyjnych czynników, zasługują w tym względzie na szczególną uwagę. Powstające na nich w porę niezidentyfikowane różnego rodzaju usterki nie tylko obniżają ich sprawność, ale często w poważny sposób skracają żywotność tych urządzeń. Do niedawna jednak właśnie piece przemysłowe ze względu na warunki pracy uznawano za trudne do monitorowania, a ocenę ich stanu ograniczano najczęściej do wybiórczych pomiarów i ewentualnie okresowych pobieżnych przeglądów. Jednak rosnąca świadomość istotności ciągłego monitorowania stanu techniczno-technologicznego oraz rozwój metodologii i opartej na elektronice diagnostyki w wydatny sposób przyczynił się do poprawy eksploatacji również pieców przemysłowych. Ciągłe poszukiwane są nowe metody i narzędzia dla stałego monitorowania ich pracy, a ich wdrażanie przynosi efekty nie tylko w dziedzinie poprawności eksploatacji, ale wymierne korzyści finansowe wynikające chociażby z odsunięcia potrzeby podejmowania bardzo kosztownych działań remontowych na rzecz częstszych lecz mniej kosztownych prac profilaktycznych w miejscach stwierdzanych usterek.

Institut Chemicznej Przeróbki Węgla od wie-

lu lat podejmuje próby udoskonalenia narzędzi diagnostycznych stanu techniczno-technologicznego pracujących pieców koksowniczych. Wraz z projektantami i firmami informatycznymi opracował komputerowy system kontroli i sterowania ich opalaniem wykorzystujący najnowszą technikę pomiarowo-diagnostyczną. Ostatnio w ramach projektu POIG 01.01.02-24-017/08 „Inteligentna Koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki” opracował również jednolity system oceny stanu technicznego pieców koksowniczych oparty na ciągłej analizie danych pomiarowych i ściśle skwantyfikowanych okresowych wizualnych przeglądów wybranych ich elementów. Problemem w tym wypadku okazał się nie tylko brak całkowitej jednoznaczności wyników wizualnych ocen, ale przede wszystkim niemożność wykonania oceny w istotnych, lecz niedostępnych poprzez otwory technologiczne i inspekcyjne rozgrzanych elementów pieca. Problem ten dotyczy zresztą wszystkich pieców przemysłowych.

Obecnie idealnym rozwiązaniem, przynajmniej w odniesieniu do pieców koksowniczych, okazało się wykorzystanie do tego celu wysokotemperaturowej, opracowanej przez Centre de Pyrolyse de Marienau, sondy wizyjnej VIDEOFIL [1]. Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla, jako jedyna dziś instytucja we wschodniej Europie nie tylko posiada taką sondę, lecz potrafi za jej pomocą dokonać jednoznacznej oceny elementów pieca przemysłowego dotychczas niedostępnych do oglądu w czasie ich pracy. Otrzymywane za jej pomocą kolorowe obrazy, o bardzo wysokiej rozdzielczości, mogą być prezentowane zarówno w formie fotografii, jak i filmów, stanowiąc tym samym niezbędne uzupełnienie bieżącej dokumentacji eksploatacyjnej pieca i ewentualnie jego dokumentacji poremontowej.

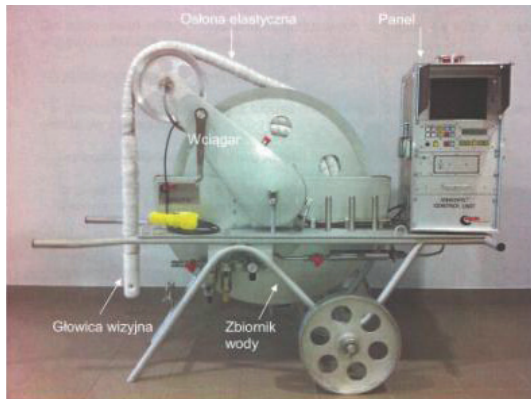
## Czym jest i jak działa Videofil ?

Videofil to elastyczny odporny na temperaturę endoskop. Jego zasadniczy element, jakim jest głowica wizyjna, połączony jest nawiniętym na szpuli kablem koncentrycznym z panelem sterującym i odczytującym rejestrowany przez głowicę obraz. Całość urządzenia, wraz z panelem sterującym i odczytującym rejestrowany przez głowicę obraz, umieszczona jest na stela-





żu o wymiarach 2830 x 730 mm i dwóch metalowych kołach o średnicy 400 mm (rys. 1).



Rys. 1. Konstrukcja Videofilu

Szpula, z zamontowanym mechanizmem obrotowym, może być uruchamiana zarówno ręcznie, jak i automatycznie. Umożliwia ona dostosowanie do potrzeb precyzyjne wprowadzanie głowicy wizyjnej do wnętrza ocenianych elementów.

Zarówno głowica wizyjna, jak i całość kabla koncentrycznego nawiniętego na szpuli umieszczona jest w elastycznej osłonie wykonanej z kilku warstw izolacyjnych materiałów ogniotrwałych. Osłona ta podczas pracy endoskopu przedmuchiwana jest cały czas powietrzem chłodzącym. Zewnętrzna część osłony i szpula na której jest ona nawinięta zanurzone są ponadto w zbiorniku wody chłodzącej. Umożliwia to tym samym pracę endoskopu w temperaturach dochodzących nawet do 1400°C. Prowadzone testy udowodniły, że w ekstremalnie wysokich temperaturach głowica wizyjna tego urządzenia może przebywać nawet do 3 minut. Zależy to oczywiście nie tylko od temperatury ośrodka, ale również od temperatury otoczenia, wody i powietrza chłodzącego osłonę oraz przepływu powietrza wewnątrz osłony, a także częstotści tuż po sobie powtarzanych przeglądów.

Urządzenie dla bezpieczeństwa głowicy i kabla transmisyjnego posiada czujnik temperatury, zaś panel sterowania licznik czasu pracy urządzenia, które w przypadku przekroczenia dopuszczalnych warunków pracy endoskopu automatycznie wyświetlają na panelu sterowania sygnał alarmu.

Głowica wizyjna urządzenia zaopatrzona jest w zależności od potrzeb w sondę wysokotemperaturową lub niskotemperaturową. Sonda wysokotemperaturowa (rys. 2), dostosowana do

oceny elementów rozgrzanych powyżej 800°C, o długości 600 mm i średnicy 40 mm (bez izolacji) posiada wbudowaną w obudowę, w zależności od aktualnych potrzeb, jedną wymienną soczewkę do obserwacji poosiowej z polem widzenia 105°, lub do obserwacji bocznej z polem widzenia 85° w poziomie i 60° w pionie. Wewnątrz sondy, bezpośrednio za soczewką umieszczona jest osłonięta filtrem i przysłoną mikrokamera CCD SONY XC555 typu PAL z wyjściem video kolorowego obrazu i mechanizm rotacji, pozwalający na automatyczną zmianę kierunku obserwacji (do 360°) wewnątrz ocenianego elementu.



Rys. 2. Widok sondy wysokotemperaturowej z bocznym polem widzenia.

Sonda niskotemperaturowa (rys. 3), o konstrukcji podobnej do sondy wysokotemperaturowej posiada dodatkowo diody służące do oświetlenia ocenianych, a nieświecących pod wpływem wysokiej temperatury, elementów pieca. W przypadku tej sondy wbudowana w niej mikrokamera przystosowana jest do rejestracji jedynie czarno-białego obrazu. Jednak czułość tej mikrokamery jest kilkakrotnie wyższa niż mikrokamery przystosowanej do rejestracji obrazu kolorowego.



Rys. 3. Widok sondy niskotemperaturowej z osiowym polem widzenia



Panel sterujący i odczytujący rejestrowany przez głowicę obraz (rys. 4) zawiera:

- 9-calowy monitor telewizyjny, pracujący w standardzie PAL,
- magnetowid SANYO DSR M810Pdigital,
- jednostkę kontroli urządzenia VIDEOFIL, złożoną m.in. z:
  - karty demodulacji sygnału video generowanego przez mikrokamerę sondy wizyjnej,
  - karty nakładania wartości kąta obrotu oraz głębokości na obraz wyświetlany przez monitor TV,
  - karty sterownika silnika,
  - wyświetlacza LCD temperatury mierzonej wewnątrz sondy i ustalonego kąta jej obrotu,
  - systemu alarmowego opartego na temperaturze wewnątrz sondy oraz czasu jej wprowadzenia do wnętrza ocenianego elementu,
  - klawiaturę (typ angielski) do nakładania tekstu na rejestrowany ekranie monitora TV obraz.



Rys. 4 Widok panelu sterującego i odczytującego rejestrowany przez głowicę obraz.

Endoskop dzięki elastycznej konstrukcji i zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań mikrooptyki umożliwia wykonanie inspekcji elementów oddalonych od miejsca wprowadzenia głowicy wizyjnej nawet na 10 m.

### Jakie możliwości daje urządzenie Videofil?

Videofil dzięki swej konstrukcji umożliwia precyzyjną ocenę trudnodostępnych i rozgrzanych elementów pieca. Uzyskiwane za jego pomocą kolorowe i czarno-białe obrazy video ocenianych elementów, dodatkowo zapisywane i w dowolnym momencie możliwe do odtworzenia, nie tylko wskazują każdą ich usterkę, ale również dzięki nakładaniu wartości kąta obrotu son-

dy oraz jej głębokości położenia na wyświetlany obraz precyzyjnie identyfikują miejsce jej występowania. Urządzenie to z powodzeniem jest już szeroko stosowane do oceny ceramiki pracujących pieców koksowniczych. Szczególnie dotyczy to ich kanałów grzewczych, do których wzrokowy dostęp jest wyjątkowo ograniczony (rys. 5). Otwór wziernikowy do ich wnętrza, o średnicy ok. 100 mm, pozwala dojrzeć jedynie jego dno, zaś ściany o wysokości dochodzącej nawet do 5 m pozostają praktycznie poza wzrokiem oglądem. Stan techniczny tych ścian jest jednak wyjątkowo istotny, gdyż stanowią one równocześnie obmurze komór koksowniczych. W przypadku usterek tych ścian produkowany w komorach gaz koksowniczy przedostaje się do wnętrza kanałów grzewczych, pogarszając spalanie w nich gazu opałowego i tym samym emisję różnego rodzaju zanieczyszczeń do otoczenia, lub przy dostatecznym nadmiarze powietrza rozwijanie niebezpiecznie wysokich dla żywotności ceramiki temperatur w obrębie występujących nieszczelności.



Rys. 5 Dotychczasowe możliwości oceny wnętrza kanału grzewczego.

Z tego powodu aktualnie specjaliści z Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla ocenę wnętrza kanałów grzewczych wykonują już z wykorzystaniem Videofilu (rys. 6). Videofil umożliwia pionowe zejście sondy wizyjnej aż do dna kanału i ocenę całej jego powierzchni, na całej wysokości.

Bieżący podgląd umożliwia specjalistom wykrycie najdrobniejszych defektów ceramiki, a nawet wskazanie przyczyn ich powstania i wskazanie odpowiednich działań profilaktyczno-remontowych.

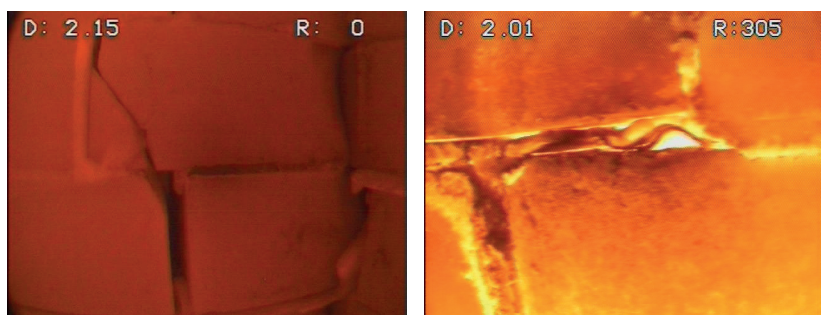
LITERATURA

- [1] Nivoix F., Gaillet J.P.: „Inspection of coke oven refractory brickwork with the Videofil machine”, Karbo Nr 2, 2005, s. 95-98.  
 [2] Sprawozdania oraz raporty z wykonania tematu 3.3 “Zintegrowany system monitorowania stanu technicznego baterii koksowniczej” prowadzonego w ramach Projektu “Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki” – (Projekt nr POIG 01.01.02-24-017/08) – niepublikowane materiały IChPW.



Rys. 6 Inspekcja wnętrza kanałów grzewczych pieców koksowniczych z użyciem sondy wizyjnej VIDEOFIL

Całość inspekcji wnętrza kanałów grzewczych jest nagrywana na kartę pamięci, co umożliwia późniejsze jej odtworzenie i dokładną analizę zaobserwowanych usterek oraz opracowanie stosownych raportów z przeprowadzonych ekspertyz łącznie z dokumentacją fotograficzną wykrytych nieprawidłowości czy też defektów. Na rysunku 7 pokazano przykłady takiej dokumentacji uzyskane na podstawie inspekcji kanałów grzewczych przy użyciu wysokotemperaturowej sondy wizyjnej z bocznym polem widzenia.



Rys. 7 Obraz wnętrza kanału grzewczego uzyskany za pomocą Videofilu z sondą wizyjną z bocznym polem widzenia.

W prezentowanych przykładach uzyskane i udokumentowane obrazy ujawniły pęknięcie wiązówki kanału grzewczego i rozejście na spoinie na wysokości 2,15 m (licząc od osadzenia wziernika kanału) – lewy obraz - oraz odkształcenie zaprawy pomiędzy wiązówkami kanału na wysokości 2,01 m – prawy obraz.

Na kolejnym rysunku (rys. 8) przedstawiono przykład dokumentacji fotograficznej z wnętrza kanału grzewczego wykonanej przy pomocy sondy wysokotemperaturowej z osiowym polem widzenia. W prezentowanym przykładzie

uzyskany i udokumentowany obraz ujawnił wystąpienie usterki na dnie ocenianego kanału grzewczego w postaci zagruzowania kanałów (jaśniejsze pola częściowo zaciemnione po prawej stronie obrazu) doprowadzających powietrze potrzebne do spalania w nich gazu opałowego.



Rys. 8 Widok wnętrza jednego z ocenianych kanałów grzewczych uzyskany za pomocą urządzenia Videofil z wysokotemperaturową sondą z osiowym polem widzenia

**Podsumowanie**

Monitorowanie stanu techniczno-technologicznego pracujących pieców przemysłowych, jako istotny element ich eksploatacji poszerzo- no ostatnio o nowe możliwości jakie daje ogląd i rejestrowanie stanu technicznego trudnodostępnych i rozgrzanych jego elementów. Taką poszerzoną diagnozę umożliwia endoskopowa inspekcja za pomocą sondy wizyjnej Videofil. Specjaliści z Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla za pomocą SONDY WIZYJNEJ VIDEOFIL oceniają już stan poszczególnych elementów ceramiki baterii pieców koksowniczej, w tym szczególnie obmurza ich kanałów grzewczych. Wysoka jakość uzyskiwanego za jej pomocą obrazu pozwala na wykrycie nawet najdrobniejszych defektów masywu ceramicznego i podejmowanie na tej podstawie odpowiednich działań profilaktycznych. Zapobiega to dalszej destrukcji ceramiki baterii, skutkującej znacznie bardziej kosztownymi, jej remontami.

Wizyjna sonda Videofil jest jednym elementów opracowanego w ramach projektu „Inteligentna Koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki” Zintegrowanego systemu monitorowania stanu techniczno - technologicznego baterii koksowniczej. System oparty jest o najnowocześniejsze urządzenia takie jak : kamery termowizyjne, przenośne palm-topy, mikromanometry.