

Ryszard PARYS

Centralne Biuro Konstrukcji Kotłów S.A., Tarnowskie Góry

ZMIANA WIELKOŚCI EMISJI TLENKÓW AZOTU PO ZASTOSOWANIU DO KOTŁA OP-380 NISKOEMISYJNYCH PALNIKÓW HTNR FIRMY STORK-BOILERS

Streszczenie. Na podstawie pomiarów kotła OP-380 w Elektrowni Łagisza przed modernizacją polegającą podstawowo na zabudowie niskoemisyjnych palników HTNR firmy STORK BOILERS oraz na podstawie pomiarów po modernizacji stwierdzono, że modernizacja doprowadziła emisję NO_x do poziomu zbliżonego do 170 g/GJ zachowując poprawność pracy kotła.

NITROGEN OXIDES EMISSION CHANGE AFTER APPLICATION OF STORK-BOILERS HTNR LOW NO_x BURNERS IN THE BOILER OP-380

Summary. The STORK BOILERS-HTNR low emissions burners have been installed in the boiler OP-380 in Łagisza Power Station. On the basis of tests before and after burners installation, it can be stated that such modernization allows to achieve NO_x emission at the level near to 170 g/GJ keeping a proper operational conditions.

VERÄNDERUNG DER STICKOXIDEMISSION NACH DER EINFÜHRUNG IM KESSEL OP-380 DER HTNR-STORK-BOILERS BRENNER

Zusammenfassung. Auf Basis der Messungen des OP-380 Kessels im Kraftwerk Łagisza vor der Modernisierung, die im Grunde auf Einbau der emissionsniedrigen HTNR – Brenner von F-ma STORK BOILERS bestand, und mit Ergebnissen der Messungen nach dieser Modernisierung wurde festgestellt, dass diese Massnahmen eine Stickoxidminderung (NO_x) bis zum Wert von etwa 170 g/GJ brachten. Dabei wurde die Verfügbarekeit des Kessels ganz erhalten.

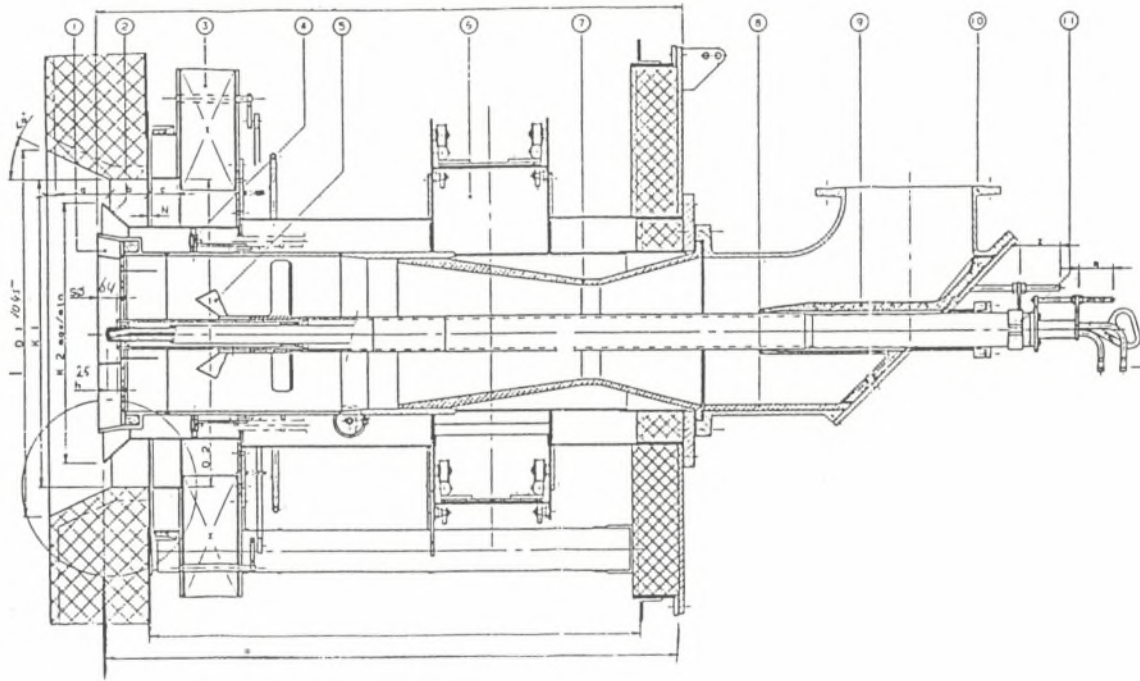
Elektrownia Łągisza wychodząc naprzeciw problemom ochrony środowiska oraz chcąc sprostać zmienionym przepisom w tym zakresie [1] zmodernizowała w roku 1992 kocioł OP-380 nr 7, stosując niskoemisyjne palniki HTNR (High Temperature NO_x Reduction) firmy STORK BOILERS (rys. 1). Modernizacja obejmowała przede wszystkim następujące zmiany:

- zabudowa na przedniej ścianie kotła 12 sztuk palników HTNR wraz z przynależnymi instalacjami powietrza, mieszanki pyłowo-powietrznej i olejowej w miejsce 24 sztuk dotychczas istniejących palników wirowych,
- zabudowa na tylnej ścianie kotła instalacji powietrza zaporowego do palników HTNR,
- modernizacja drugiego ciągu polegająca na wymianie przegrzewacza pary międzystopniowej; likwidacja kanału obejściowego drugiego ciągu,
- wymiana wirników wentylatorów podmuchu celem zwiększenia ciśnienia w skrzyni palnikowej (pomiar patrz [5]),
- modernizacja uszczelnień obrotowych podgrzewaczy powietrza,
- zmiany w układach automatyki i sterowania,
- oraz w późniejszym czasie zmiany odsiewaczy młynów zasilających górny rząd palników w celu uzyskania drobnego przemiału (pomiar patrz [6]).

Przed rozpoczęciem modernizacji w październiku 1991 r. grupa pomiarowa CBKK Tarnowskie Góry wykonała wspólnie z grupą pomiarową STORK BOILERS pomiary niektórych parametrów pracy kotła ściśle określonych przez firmę STORK BOILERS [2]. Celem pomiarów było określenie podstawowych parametrów pracy kotła, a zwłaszcza paleniska i parametrów stanowiących bazę wyjściową dla oceny efektów zabudowy nowych palników, czyli przede wszystkim jakości przemiału, nadmiaru powietrza, rozdziału powietrza, emisji NO_x, CO, zawartości części palnych w żużlu i popiele lotnym, wydajności i sprawności kotła.

W październiku 1992 roku zespoły CBKK i STORK przeprowadziły dla zmodernizowanego kotła pomiary regulacyjne powietrza I i powietrza II oraz pomodernizacyjne emisji NO_x [3]. W maju 1993 roku obydwie zespoły powtórzyły pomiary pomodernizacyjne [4]. W trakcie wyżej wymienionych pomiarów kocioł był prowadzony zgodnie ze wskazówkami przedstawicieli firmy STORK BOILERS.

Podczas pomiarów przedmodernizacyjnych spalano węgiel z przedziału pomiędzy gwarancyjnym a granicznym (wartość opałowa 17,2 – 18,5 MJ/kg, wilgoć całkowita 10,9 – 12,1%, popiół 25,5 – 30,5%). Węgiel cechowała niska zawartość azotu: 0,7 – 0,9%. Pył podawany do kotła był gruby. Pozostałość na sicie o oczkach 0,09 mm wynosiła 40,7 – 41,5%, a na sicie 0,2 mm 14,5 – 15,6%. Przy dużym obciążeniu kotła (93% wydajności znamionowej) występowały braki powietrza spowodowane między innymi kilkunastoprocentowymi przeciekami w obrotowych podgrzewaczach powietrza, a objawiające się chwilowym wzrostem zawartości CO w spalinach za kotłem. Prowadzenie kotła



Rys. 1. Palnik HTNR: 1 – pierścień stabilizujący, 2 – stożek powietrza III, 3 – łopatki powietrza III, 4 – łopatki powietrza II, 5 – zawirywacz, 6 – dopływ powietrza II, 7 – przewężenie Venturi, 8, 9 – wykładzina, 10 – połączenie kołnierzone rurociągu pyłowego, 11 – palnik olejowy

Fig. 1. HTNR burner: 1 – flame stabilizing ring, 2 – tertiary air outlet cone, 3 – tertiary air blades, 4 – secondary air blades, 5 –swirler, 6 – secondary air inlet, 7 – Venturi, 8, 9 – lining, 10 – flanges to pulverized fuel pipe, 11 – oil burner

z nieznacznym niedomiarem powietrza w komorze paleniskowej dawało niezbyt wysoką emisję NO_x wynoszącą około 540 mg/m_n^3 (odniesioną do $\text{O}_2 = 6\%$) przy jednoczesnym wzroście części palnych w żużlu do $10,6\%$ oraz w popiele lotnym spod elektrofiltra do $3,3\%$, co prowadziło do strat niecałkowitego spalania wynoszących w sumie ok. $2,3\%$. Natomiast powstający tlenek węgla sprawiał, że strata niezupełnego spalania wynosiła również ok. $2,3\%$. Sprawność kotła brutto wynosiła wtedy ok. $87,4\%$. Przy wydajności odpowiadającej ok. 73% wydajności znamionowej i przy dużym nadmiarze powietrza w komorze paleniskowej (ok. $1,25$) zawartość NO_x w spalinach wzrosła do ok. 1065 mg/m_n^3 , przy jednoczesnym spadku straty niezupełnego spalania do ok. $0,016\%$ (zawsze $\text{CO} < 50 \text{ ppm}$ za kotłem) oraz spadku straty niecałkowitego spalania do ok. $0,75\%$. Sprawność kotła wynosiła ok. $89,6\%$.

Po modernizacji wszystkie pomiary wykonywano przy pracy kotła z maksymalną wydajnością (od 97 do 106% wydajności znamionowej).

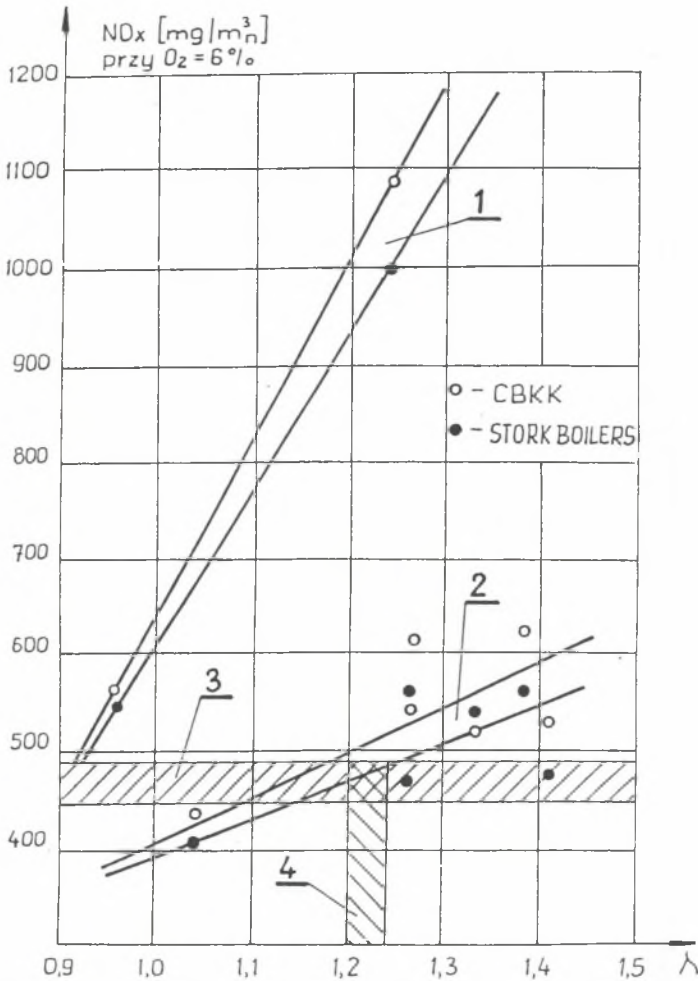
Podczas pomiarów pomodernizacyjnych spalano węgiel o wartości opałowej od $18,3$ do $24,2 \text{ MJ/kg}$, wilgoci całkowitej $6,6 - 10,8\%$, zawartości popiołu $6,6 - 10,8\%$ oraz zawartości azotu $0,63 - 0,97\%$. Pył uzyskiwany w młynach był drobniejszy niż podczas badań przed modernizacją. Pozostałość na sicie o rozmiarze oczek $0,09 \text{ mm}$ wynosiła $20,3 - 36,6\%$, a na sicie $0,2 \text{ mm}$ $2,7 - 10,1\%$. Jest to jednak pył zbyt gruby w stosunku do wymagań firmy STORK BOILERS, to znaczy $R_{0,09} < 20\%$ i $R_{0,2} < 2\%$, i dlatego w późniejszym czasie były prowadzone próby polepszenia przemiału w młynach EM-70 [6]. Dwa młyny o lepszym przemiale, ale jednocześnie o zmniejszonej wydajności maksymalnej trwałej, zasilają obecnie w mierzonym kotle górny rząd palników.

Dla powyższego węgla i nadmiarów powietrza w komorze paleniskowej, zawierających się w przedziale ok. $1,04 - 1,41$, oraz dla różnej konfiguracji czynnych palników, stężenie NO_x w spalinach mieściło się w przedziale ok. $400 - 625 \text{ mg/m}_n^3$, lub $141 - 218 \text{ g/GJ}$. Przy takich warunkach sprawność brutto kotła była wyższa niż przed modernizacją i mieściła się w zakresie $90,16 - 91,23\%$.

Należy dodać, że wyżej wymienione nadmiary powietrza zostały obliczone na podstawie mierzonej ilości powietrza podawanego do kotła, pomniejszonej o przecieki w obrotowych podgrzewaczach powietrza oraz na podstawie teoretycznej ilości powietrza potrzebnego do spalania, a nie na podstawie składu spalin za kotłem.

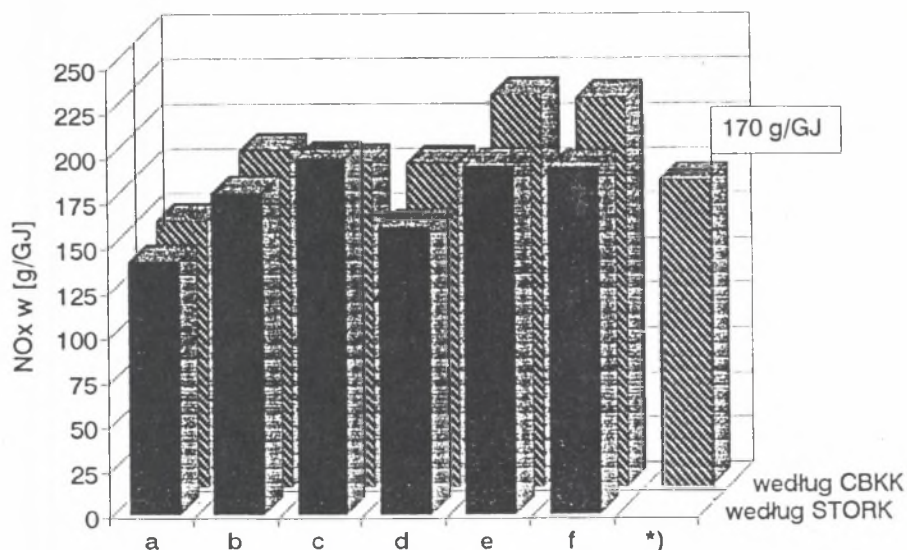
W tabelicy 1 podano charakterystykę poszczególnych pomiarów oraz wielkości emisji w nich występujących. Na rys. 2 i 3 przedstawiono graficznie wielkość emisji tlenków azotu. Wielkości emisji NO_x przedstawione w tekście oraz w tabelicy 1 zostały podane na podstawie pomiarów analizatorem TESTO 33 firmy TESTOTERM GmbH & Co. Lanzkirch RFN, wykonanych przez CBKK Tarnowskie Góry. Na rysunkach przedstawiono ponadto wielkości zmierzone przez firmę STORK BOILERS analizatorem NO_x działającym na

zasadzie chemoluminescencji oraz dodatkowo analizatorem wyposażonym podobnie jak TESTO 33 w cele elektrochemiczne.



Rys. 2. Efekty zastosowania palników HTNR firmy STORK BOILERS w kotle OP-380 w El. Łągisza: 1 – koncentracja NO_x przed modernizacją, 2 – koncentracja NO_x po modernizacji, 3 – dopuszczalna koncentracja po roku 1997 według [1], 4 – zakres prawidłowej pracy kotła λ ok. 1,2 – 1,24

Fig. 2. Results of STORK BOILERS HTNR burners application in Łągisza Power Station: 1 – NO_x concentration before HTNR burners installation, 2 – NO_x concentration after HTNR burners installation, 3 – permissible level of NO_x concentration after 1997 acc. to [1], 4 – proper boiler operation range, λ = ca 1,2 – 1,24



Rys. 3. Emisja NO_x po modernizacji: a – f ustawienia według tablicy 1, *) wartość dopuszczalna według [1]

Fig. 3. NO_x emission after modernization: a – f – adjustments acc. to Table 1., *) boundary value acc. to [1], według CBKK – acc. to CBKK, według STORK – acc. to STORK

Podsumowując, można stwierdzić, że wprowadzona modernizacja kotła OP-380 z zastosowaniem palników HTNR firmy STORK BOILERS pozwala osiągnąć emisję tlenków azotu mniejszą od 170 g/GJ, czyli od wartości dopuszczalnej po roku 1997 wg [1], jeżeli tylko nadmiar powietrza w komorze paleniskowej będzie stosunkowo mały ($\lambda < 1,15$), co jednak wymaga dokładnej regulacji ilości powietrza oraz uważnego prowadzenia kotła przez obsługę, posiadającą odpowiednie przyrządy pomiarowe.

Dla kotła z palnikami HTNR wraz ze wzrostem nadmiaru powietrza zawartość NO_x rośnie wolniej niż dla kotła przed modernizacją. Wprowadzenie palników HTNR nie obniżyło sprawności kotła, a przy polepszeniu przemiału w młynach i zmniejszeniu nadmiaru powietrza sprawność kotła powinna jeszcze wzrosnąć.

Tak więc zastosowanie palników HTNR jest jednym z możliwych sposobów (patrz m.in. [7, 8, 9]) spełnienia kryteriów emisji stawianych przez przepisy [1].

Tablica 1

Emisja tlenków azotu i tlenku węgla

Wartości zmierzone				
	CO		NO _x	
	g/GJ	mg/m _n ³ O ₂ = 6%	g/J	mg/m _n ³ O ₂ = 6%
Przed modernizacją, patrz również [2]				
1 – wydajność ok. 352 t/h wyłączony górny rząd palników, O ₂ przed POPO 4,3%	1267*	3296*	207	539
2 – wydajność ok. 277,4 t/h górny rząd palników wyłączony, O ₂ przed POPO 7,8%	27	68	426	1064
Po modernizacji, patrz również [3], [4]				
a – wydajność ok. 370 t/h wyłączone górne skrajne palniki, O ₂ przed POPO 4,8%	54	125	148	420
b – wydajność ok. 370 t/h pracują wszystkie palniki, O ₂ przed POPO 5,5%	49	116	187	524
c – wydajność ok. 373 t/h wyłączone dolne boczne palniki, O ₂ przed POPO 6,3%	19	43	181	540
d – wydajność ok. 403 t/h wyłączone boczne palniki u góry, O ₂ przed POPO 7,2%	73*	215*	180	532
e – wydajność ok. 396 t/h czynne wszystkie palniki, O ₂ przed POPO 6,4%	16	46	218	619
f – wydajność ok. 396 t/h wyłączone boczne palniki u dołu, O ₂ przed POPO 6,5%	19	55	216	625
Wartości dopuszczalne wg [1]				
Dopuszczalne wartości dla instalacji nowych	–	–	170	–
Wymagane do 97-12-31 dla instalacji istniejących	–	–	330	–
Wymagane do 97-12-31 dla instalacji istniejących	–	–	170	–

*) Duże wartości wiążą się z okresowym wzrostem CO z jednej strony kotła (chwilowa praca kotła z nierównomiernym rozdziałem powietrza).

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra OŚZNiL z 12. II. 90, Dz. U. RP nr 15 z 14. III. 90.
- [2] Gołąbek J.: Pomiary parametrów pracy kotła OP-380 w El. Łagisza przed zabudową palników niskoazotujących. Oprac. CBKK nr arch. 8.2206, Tarnowskie Góry 1991.
- [3] Gołąbek J.: Pomiary regulacyjne powietrza I i powietrza II do palników HTNR oraz pomiary pomodernizacyjne i emisji NO_x z kotła OP-380 nr 7. Oprac. CBKK nr arch. 8.2270, Tarnowskie Góry 1992.
- [4] Parys R.: Pomiary pomodernizacyjne spalania i emisji NO_x z kotła OP-380 nr 7 z palnikami HTNR El. Łagisza. Oprac. CBKK nr arch. 8.2305, Tarnowskie Góry 1993.
- [5] Parys R.: Pomiar charakterystyki wentylatora podmuchu 7A w El. Łagisza. Oprac. CBKK nr arch. 8.2282, Tarnowskie Góry 1993.
- [6] Parys R.: Pomiary młyna EM-70 (nr 5c) ze zmodernizowanym odsiewaczem w El. Łagisza. Oprac. CBKK nr arch. 8.2282, Tarnowskie Góry 1993.
- [7] Wróblewska V., Świrski J., Szymczak J.: Palniki pyłowe o niskiej emisji NO_x . Energetyka 1993, nr 3, s. 91 – 95.
- [8] Bogucki B., Wróblewska V.: Możliwości zmniejszenia emisji tlenków azotu z kotłów OP 650 w El. Dolna Odra. Energetyka 1992, nr 12, s. 415 – 417.
- [9] Bogucki B.: Modernizacja instalacji paleniskowej kotła OP 650 w El. Połaniec w celu obniżenia emisji NO_x . Energetyka 1993, nr 8, s. 259 – 262.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ludwik CWYNAR

Wpłynęło do Redakcji 6. 08. 1994 r.

Abstract

The STORK BOILERS HTNR low – emission burners have been installed in the boiler OP-380 in Łagisza Power Station. On the basis of tests before and after burners installation the basic operational parameters are defined which allow to estimate results of new burners application. The tests after modernization were carried out at rather large excess air in the furnace and NO_x emission was ca 10% on the average higher than 170 g/GJ, what is the permissible emission level after 1997. Taking into consideration a fuel fineness, carbon contents in furnace wastes, CO contents in flue gases there is a real possibility to decrease NO_x below 170 g/GJ by means of excess air reduction without deterioration of combustion parameters and losses increase. So, HTNR burners application is one of the possible methods to fulfill criteria given by the Polish regulations [1].