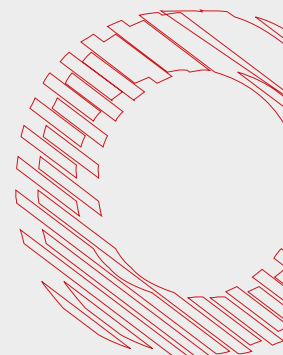


# Modernizacja pieców grzewczych z obrotowym trzonem

Modernisation of rotary hearth furnaces

Czesław CZUCZA



## NA SKRÓTY

*W artykule opisano efekty oraz zakres modernizacji dwóch pieców z obrotowym trzonem, z których jeden pracuje jako nagrzewający, a drugi dogrzewający. Modernizacja polegała na wyposażeniu pieców w nowe systemy grzewcze z palnikami szybkiego wypływu oraz zastosowaniu do sterowania ich pracą systemów mikroprocesorowych. W rezultacie uzyskano zmniejszenie wskaźnika zużycia gazu, wzrost wydajności pieców, zwiększenie dynamiki przyrostu i dokładności regulacji temperatur w strefach grzewczych oraz komfortu obsługi.*



## ABSTRACT

*The article covers modernization range and effects for two carousel furnaces, working as main heating furnace and soaking furnace in pipe rolling plant. The modernization consisted of equipping both units with new heating systems comprised of high velocity burners and employing microprocessor control system. This resulted in lower fuel demand, higher furnace production rate, better temperature gain plus more precise temperature control in zones as well as significant improvement in the system handling comfort.*

**H**uta Batory Sp. z o. o., utworzona w kwietniu 2005 r. w wyniku restrukturyzacji będącej w upadłości Huty Batory S.A., specjalizuje się w produkcji rur grubościennych bez szwu o średnicach od  $\emptyset$  219 do  $\emptyset$  508, stosowanych do transportu ropy naftowej oraz przy wykonywaniu odwiertów w ziemi. Produkuje również rury ze stali martenzytowej nowej generacji w gatunku P92 oraz P91, stosowane do budowy standardowych kotłów, jak też kotłów o parametrach nadkrytycznych. Rada nadzorcza Spółki, niedługo po jej utworzeniu, zatwierdziła program inwestycyjny

obejmujący między innymi modernizację systemów grzewczych dwóch pieców z obrotowym trzonem na wydziale walcowni rur, oczekując zmniejszenia zużycia gazu, poprawy warunków prowadzenia procesu nagrzewania wsadu, zmniejszenia emisji do atmosfery oraz większej niezawodności automatyki.

## Opis pieców przed modernizacją

Projekt nowych systemów grzewczych opracowano dla pieców o następujących parametrach technicznych:

Autor jest Głównym Projektantem w PTC Piecoserwis Sp. z o.o., [www.piecoserwis.com.pl](http://www.piecoserwis.com.pl)

### 1. Piec grzewczy do nagrzewania wlewków od stanu zimnego:

- Średnica podziałowa pieca - 13,5 m
- Szerokość wewnętrzna komory - 4,0 m
- Maksymalna temperatura nagrzewania wsadu - od 1250 do 1300°C
- Maksymalna wydajność pieca - 25t/h
- Liczba palników - 35
- Typ palnika - wirowe, Biprohut 150
- Rodzaj gazu - gaz ziemny grupa E (GZ50)
- Maksymalne zużycie gazu - 1 700 Nm<sup>3</sup>/h
- Wymurówka ścian - twarde materiały ogniotrwałe.

Piec działa w układzie przeciwwprądowym (trzon przemieszcza się w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu spalin) i podzielony jest na trzy strefy nagrzewania: wstępną, grzewczą i wyrównawczą. Strefę wyrównawczą od strefy wstępnego nagrzewania oddziela komora żużlowa. Spaliny z pieca są odciągane do komina na początku strefy wstępnego nagrzewania. Kanał spalin za piecem jest podzielony na 3 komory, w których umieszczono rekuperatory podgrzewające powietrze spalania (jeden dla strefy). W zbiorczym kanale za rekuperatorami zabudowano przepustnicę do regulacji ciągu kominowego. Wsad do pieca, którym są wlewki o wymiarach od Ø 375 do Ø 585, ładowany jest przez okno wsadowe za pomocą maszyny wsadowej z pokrocznego stołu podawczego. Na trzonie pieca mieści się maksymalnie 75 sztuk wlewków Ø 375 lub 60 sztuk wlewków Ø 585, układanych w dwóch rzędach z promieniowym przesunięciem. Wlewki z pieca wyjmowane są za pomocą maszyny wysadowej przez okno wysadowe.

### 2. Piec do dogrzewania wlewków :

- Średnica podziałowa pieca - 6,5 m
- Szerokość wewnętrzna komory - 3,0 m
- Maksymalna temperatura nagrzewania wsadu - od 1100 do 1300 °C
- Liczba palników - 16
- Typ palnika - wirowe, Biprohut 150
- Rodzaj gazu - gaz ziemny grupa E (GZ50)
- Maksymalne zużycie gazu - 800 Nm<sup>3</sup>/h
- Wymurówka ścian - twarde materiały ogniotrwałe.

Piec pracuje w układzie przeciwwprądowym i podzielony jest na dwie strefy grzewcze: dogrzewania oraz wyrównawczą. Spaliny

z pieca odciągane są do komina przy ścianie przewałowej oddzielającej koniec strefy wyrównawczej od początku strefy dogrzewania. W kanale spalin za piecem zabudowano rekupeator, a za rekuperatorem przepustnicę do regulacji ciągu kominowego. Na trzonie pieca mieści się od 12 do 14 sztuk wlewków, które są ładowane i wyjmowane przez jedno okno za pomocą wsadzarko – wysadzarki. W obu piecach były zabudowane palniki wirowe o mocy ok. 600 kW przeznaczone do spalania gazu czadnicowego, które później zostały przystosowane do spalania gazu ziemnego (rys.1). Palniki palą bezpośrednio do przestrzeni roboczej pieca nad wsad.



Rys. 1. Palnik wirowy w ścianie pieca z obrotowym trzonem o średnicy podziałowej 6,5 m

Fig.1. Rotational burner inside the wall of carousel furnace: effective diameter 6,5 m

## Opis techniczny modernizacji

W systemach grzewczych pieców, które są wyposażone w palniki wirowe o małej osiowej prędkości wypływu spalin z kształtki wylotowej, występuje wiele niekorzystnych zjawisk, m.in. takich jak:

- mała intensywność cyrkulacji gazów w komorze pieca,
- nierównomierny rozptył strug gazu w przestrzeni pieca,
- mała prędkość gorących gazów w pobliżu wsadu,
- lokalne przegrzanie wymurówki pieca w pobliżu palników oraz wlewków,
- mała żywotność sklepień otworów palników,
- uszkodzenia wymurówki ścian,
- problemy z automatyczną regulacją temperatury wsadu.

Wsad nagrzewany jest w znacznie korzystniejszych warunkach, jeżeli wypływ gorących gazów z kształtek wylotowych palników odbywa się z dużą osiową prędkością. Taka gorąca struga gazów już po przebyciu stosunkowo małej drogi zostaje dość znacznie rozcieńczona spalinami zassanymi z otoczenia płomienia. Ponieważ stopień rozcieńczenia płomienia palnika szybkiego wypływu jest kilka razy większy niż płomienia palnika wirowego, stąd następuje obniżenie maksymalnej temperatury płomienia i spłaszczenie jej profilu. Wymiana palników wirowych na palniki szybkiego wypływu, przy niezminionej geometrii komory grzewczej pieca, daje w efekcie: zwiększenie sprawności spalania, wzrost ilości oraz równomierności wnikania ciepła do nagrzewanego wsadu, bardziej wyrównane pole temperatur w komorze pieca, korzystniejsze warunki automatycznej regulacji temperatury, zmniejszenie zużycia gazu na tonę nagrzewanego wsadu<sup>(1)</sup>. Wysoką sprawność procesu spalania gazu w palniku szybkiego wypływu można uzyskać poprzez stopniowane, turbulентne mieszanie gazu z powietrzem w palniku i poza palnikiem<sup>(2)</sup>. Otrzymuje się wówczas zwarty płomień o dobrej stabilności w szerokim zakresie mocy. Dużą prędkość gorących gazów na wylocie z palnika zapewnia odpowiednio dobrana geometria kształtki wylotowej. Dynamiczne strugi gorących gazów tworzą w komorze pieca duże obszary o intensywnej recyrkulacji spalin, zwiększając wartości konwekcyjnych współczynników wnikania ciepła, wyrównują poprzeczne profile temperatury. Jednorodny rozkład temperatury może być utrzymywany w przestrzeni roboczej pieca, jak również we wsadzie z dokładnością  $\pm 5$  w fazie wytrzymania<sup>(4)</sup>.

Nowe systemy grzewcze zmodernizowanych pieców wyposażono w palniki typu TJPCA o maksymalnej prędkości wypływu gazów z kształtki wylotowej wynoszącej ok. 75 m/s. Ponieważ palniki szybko-wypływowe zasilane są powietrzem spalania o znacznie wyższych ciśnieniach niż palniki wirowe, stąd do ich zasilania zastosowano nowe wysokosprawne wentylatory. Dla pieca grzewczego cztery sztuki (jeden na każdą strefę oraz jeden rezerwowo dla wszystkich stref), dla pieca dogrzewającego dwie sztuki (jeden na obie strefy oraz jeden

rezerwowo). W instalacji powietrza obu pieców zabudowano nowe rurowe rekuperatory skrzywniowe (wymiana wszystkich rekuperatorów została przeprowadzona przed zasadniczą modernizacją w czasie krótkich planowych postojów remontowych), nowe przepustnice do regulacji ciągu kominowego, wymieniono ok. 90% orurowania i wszystkie przepustnice regulacyjne oraz odcinające. Instalacje gazu w obu piecach zostały wymienione w całości (licząc od przyłącza pieca do palników). W ścieżkach doprowadzających gaz do palników zabudowano dwa elektromagnetyczne zawory odcinające klasy A, załączane oraz wyłączane przez automat palnikowy - co zapewnia szybkie i szczelne zamknięcie dopływu gazu do palników po ich wyłączeniu. Automat palnikowy współpracuje z iskrowym układem zapłonu palnika, na który składa się elektroda zapłonowa oraz transformator wysokiego napięcia. Otwarcie dopływu gazu do palników w czasie zapalania odbywa się automatycznie, gdy spełnione są właściwe warunki zapłonu (obecność powietrza spalania, ustawienie mocy palnika poniżej 350 kW). Zapewnia to bezpieczny rozruch palników i przejście do stanu pracy. Do nadzoru obecności płomieni w palnikach, a tym samym zabezpieczeniem przed niekontrolowanym wypływem gazu do przestrzeni pieca (ma to istotne znaczenie, gdy temperatura wewnątrz pieca jest mniejsza od 750°C), zastosowano detektory ultrafioletu współpracujące z automatami palnikowymi (rys. 2, rys. 3).



Rys. 2. System grzewczy pieca z obrotowym trzonem o średnicy podziałowej 6,5 m po modernizacji  
Fig.2. Heating system of carousel furnace: effective diameter after modernization 6,5m



zdjęcia: Pecoservis

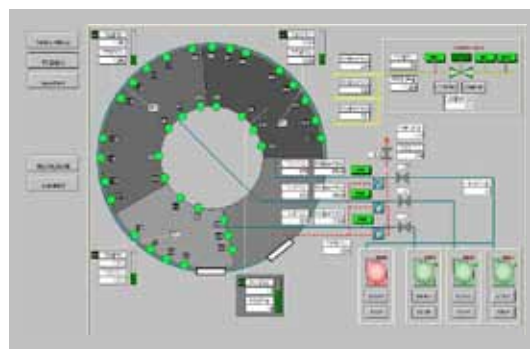
Rys. 3. System grzewczy pieca z obrotowym trzonem o średnicy podziałowej 13,5 m po modernizacji  
 Fig.3. Heating system of carousel furnace: effective diameter 13,5 m after modernization

Oba piece wyposażono w układy szybkiego automatycznego odcięcia gazu, gdy występują następujące stany awaryjne:

- nadmierny spadek ciśnienia gazu w instalacji,
- nadmierny wzrost ciśnienia gazu w instalacji,
- nadmierny spadek ciśnienia powietrza spalania,
- nadmierny wzrost ciśnienia spalin w piecu (wyłączenie po ustalonym czasie).

Aparaturę stanowiącą wyposażenie instalacji elektrycznej oraz AKPiA nowych systemów grzewczych zabudowano na obiekcie oraz w szafach sterowniczych umieszczonych w nowych kabinach operatorskich (stare instalacje elektryczne i AKPiA zostały w całości zdemonstrowane). Szafy sterownicze wyposażono w dotykowe panele sterownicze. Wszystkie mierzone wartości parametrów pracy pieca, przetworzone na sygnały elektryczne przez przetworniki pomiarowe, są przesyłane do sterownika oraz pokazywane w systemie wizualizacji na odpowiednich obrazach (rys. 4)

Do regulacji zostały wybrane następujące parametry: temperatura w każdej strefie grzewczej pieca, ciśnienie w piecu. Na podstawie pomiarów strumienia powietrza i gazu regulowany jest też współczynnik nadmiaru powietrza spalania  $\lambda$ . Regulacja temperatury w danej strefie pieca odbywa się poprzez jednoczesną, auto-

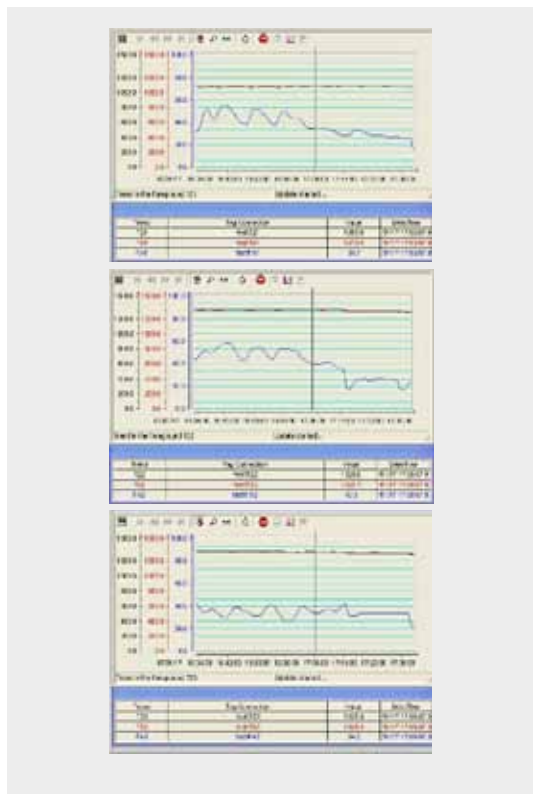


Rys. 4. Schemat synoptyczny pieca z obrotowym trzonem o średnicy podziałowej 13,5 m  
 Fig.4. Synoptical scheme of carousel furnace: effective diameter 13,

matyczną zmianę mocy określonej grupy palników, zależnie do zadanej w systemie wizualizacji wartości temperatury. Mocą palników w danej strefie sterują impulsy ciśnienia powietrza spalania poprzez proporcjonalne regulatory gazu. Strumień przepływu gazu zmienia się nadążnie do wartości przepływu powietrza regulowanego odpowiednią przepustnicą sterowaną sygnałem elektrycznym z odpowiadającego jej regulatora temperatury. Regulacja ciśnienia w piecu odbywa się przez automatyczną zmianę położenia przepustnicy spalin zależnie od zadanej wartości ciśnienia.

Regulacja temperatury stref, ciśnienia w piecu oraz  $\lambda$  odbywa się poprzez układy regulacyjne sterownika. Oprogramowanie ste-

rownika i program wizualizacji umożliwia bieżący nadzór nad pracą systemu grzewczego pieca, automatyczne nagrzewanie pieca według krzywej, możliwość nagrzewania wsadu według krzywych nagrzewania oraz studzenia, zmianę nastawionych parametrów, ich bieżącą archiwizację na dysku twardym, jak też archiwizację wszystkich zmiennych procesowych, alarmów, nastaw, awarii, trendów regulowanych wielkości (rys. 5)



Rys. 5. Trendy regulacji temperatury trzech stref grzewczych pieca o średnicy podziałowej 13,5 m (górne linie), stopień otwarcia przepustnic regulacyjnych (dolne linie).  
Fig. 5. Temperature controlling trends of three heating zones for furnace with effective diameter 13,5 m (upper lines), opening degree of controlling dampers (lower line).

## Efekty modernizacji

Modernizacja systemów grzewczych obu pieców w przedstawionym powyżej zakresie została przeprowadzona w okresie 3 tygodni – w czasie planowanego remontu walcowni rur – tak, że nie wystąpiły dodatkowe przerwy w produkcji. W jej wyniku uzyskano następujące efekty:

- Wskaźnik jednostkowego zużycia gazu wyznaczony w warunkach porównywalnych dla pieca grzewczego zmniejszył się o nieco ponad 20%, a dla pieca dogrzewającego o ok. 29%.

- Wzrosła intensywność nagrzewania wlewków – zwłaszcza największych, co zapewnia ciągłość pracy zespołu walcowniczego dla wszystkich rodzajów wsadu przez ok. 7,5 h na zmianę.
- Uległy obniżeniu maksymalne wartości temperatur zadawanych w strefach grzewczych.
- Uzyskano zwiększenie wydajności pieców o ok. 10%.
- Wzrosła równomierność nagrzewania wsadu.
- Dzięki zabudowaniu w piecach analizatorów tlenu oraz układów korekcji współczynnika nadmiaru powietrza  $\lambda$  wsad może być nagrzewany przy kontrolowanej zawartości tlenu w spalinach, co doprowadziło do poprawy sprawności spalania i zmniejszenia emisji do atmosfery.
- Wzrosła żywotność wymurówki ścian oraz stropu pieca, zwłaszcza w okolicy otworów palnikowych. Zwiększył się komfort obsługi pieców i ich możliwości technologiczne – programowe nagrzewanie wsadu P91 i P92 oraz programowe suszenie pieców po remoncie i studzenie przy zatrzymaniu.

## Wnioski

Wymagania dotyczące warunków bezpiecznej pracy urządzeń opalanych gazem, emisji zanieczyszczeń do atmosfery, jak też względy ekonomiczne przemawiają za tym by intensyfikować wysiłki w celu modernizacji ich przestarzałych konstrukcji oraz systemów sterowania. Koniecznością staje się więc modernizacja budowanych kilkadziesiąt lat temu pieców grzewczych, zwykle wyposażonych w palniki wirowe. Przy niezbyt dużych nakładach finansowych oraz w stosunkowo krótkim czasie modernizację można wykonać w oparciu o palniki szybkiego wypływu przy zastosowaniu mikroprocesorowego systemu sterowania piecem i technologią nagrzewania wsadu z jednoczesnym monitorowaniem zawartości tlenu w atmosferze pieca.

Czas zwrotu nakładów na modernizację, uwzględniając tylko zmniejszenie kosztów gazu – nie licząc opłat za emisję  $\text{CO}_2$  oraz  $\text{NO}_x$ , wynosi w opisanym projekcie około 20 miesięcy.

### Literatura:

1. Tomczek J.: Spalanie i płomienie gazowe 2003, nr 5, s. 214÷217
2. Czucha Cz.: Efekty energetyczne i technologiczne modernizacji układu grzewczego 1-drożnego pieca węglowego. Hutnik, 2003, nr 5, s. 214÷217
3. Czucha Cz.: Nowoczesne konstrukcje szybko- i średniowypływowych przemysłowych palników gazowych. Materiały Ogniotrwałe, 1994 r., nr 4, s. 133÷135.
4. Woźnica J.: Budowa hartowni odlewów w ALSTOM Power Sp. z o.o. w Elblągu. Przegląd Odlewnictwa, 2001., nr 2, s. 54÷55