

Sterowanie komorami suszenia w cegielni Patoka, z wykorzystaniem sterownika firmy WAGO

Streszczenie. Na rynku dostępnych jest coraz większy wybór sterowników PLC. W artykule opisano wykonanie sterowania komorami suszenia w cegielni Patoka z wykorzystaniem możliwości sterownika WAGO 750-881.

Abstract. Engineers can choose between many types of PLC controllers. This article describes the design and manufacturing of the control system for the brick dryer in brick factory in Patoka. The control arrangement is built with the WAGO 750-881 PLC controller.

Słowa kluczowe: cegła, suszarnia, ceramika

Keywords: brick, dryer, ceramics

Wstęp

Proces suszenia jest jednym z najważniejszych etapów procesu produkcji cegieł i bezpośrednio wpływa na jakość wyrobu końcowego.

Główna idea suszenia opiera się na odparowaniu wody w taki sposób, aby cegła była równomiernie sucha, nie doszło do jej spękania i nie zmieniła swojego kształtu. Kontrola nad przebiegiem tego procesu polega na odpowiednim sterowaniu zmianami temperatury i wilgotności w komorze. Dobór tych dwóch parametrów zależy w szczególności od rodzaju produkowanej cegły.

Ważnym elementem suszenia jest zapewnienie jednakowych warunków fizycznych w całej komorze. W przeciwnym wypadku cegły nie zostaną wysuszone równomiernie. Złe ułożenie cegieł może spowodować nierównomierne obsychanie, co przyczyni się do ich skrzywienia.

Opis budowy modernizowanej suszarni

Modernizowana suszarnia składa się z 11 par komór. Suszenie w nich odbywa się poprzez załadunek mokrych cegieł, które pozostają na swoim miejscu przez cały okres trwania procesu. Wadą lub trudnością tego typu suszarni jest zapewnianie w miarę jednakowych warunków suszenia dla całego wsadu. Inaczej przebiega suszenie dla cegieł umieszczonych na samej górze i po bokach, niż tych w środku, gdzie przepływ powietrza jest wiele bardziej utrudniony.

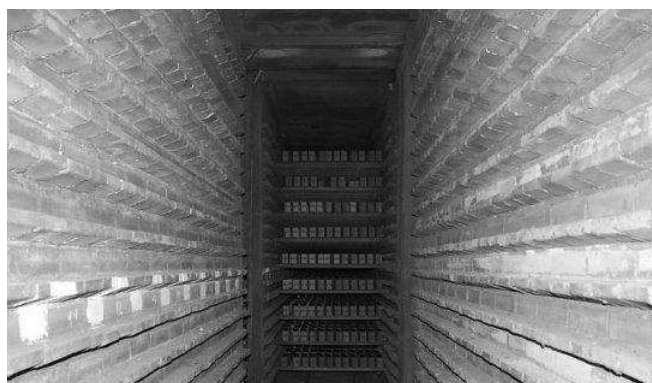
Każda z komór składa się z grzejnika ogrzewanego parą wodną (umieszczony na dole wzdłuż całej długości komory), dwóch klap (jedna centralnie na górze, druga na dole), dwóch wentylatorów oraz układu do pomiaru temperatury i wilgotności. Na rys.1 pokazano widok wnętrza jednej z komór.

Temperatura w komorze jest zależna od czasu otwarcia dwustawnego zaworu parowego oraz od ciśnienia i temperatury pary dostarczanej do niego. Należy zauważyć, że czas i ilość załączeń zaworu parowego decyduje o ilości energii, jaką zużywa się na wysuszenie materiału w komorze.

Wilgotność w komorze wyznaczana jest na podstawie różnicy psychometrycznej. Dwa termometry umieszczono obok siebie, z czego jeden z nich owinięty jest zwilżoną koszulką (termometr mokry). Na podstawie różnicy wskazań określa się wilgotność w komorze.

Do zmiany wilgotności przeznaczone są dwie sterowane pneumatycznie kłapy. Ich otwarcie powoduje napływ świeżego powietrza przy jednoczesnym wypchnięciu wilgotnego. Powietrze wpływające do komory jest już wstępnie podgrzane, ponieważ pochodzi z pieca do wypalania cegieł.

Wentylatory zapewniają ruch powietrza w komorze. Ich załączanie powinno być na tyle częste, aby temperatura w



Rys. 1 Częściowo załadowane wnętrze jednej z 11 par komór.

całym pomieszczeniem była jednakowa, a ruch powietrza nie powodował owiewania i zbyt szybkiego schnięcia cegieł umieszczony w zewnętrznych częściach komory.

Nowy układ sterowania

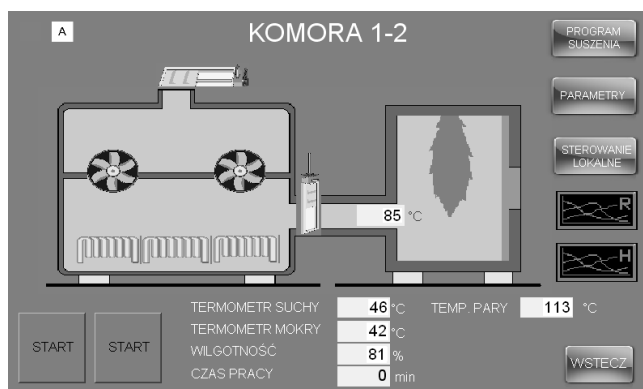
Nowy układ sterowania zbudowano w oparciu o sterownik modułowy WAGO 750-881, który nadzoruje cały proces suszenia. Sterownik ten posiada dwa porty do sieci ETHERNET i wbudowany switch umożliwiający tworzenie połączeń sieciowych w topologii liniowej. Dzięki temu można zrezygnować z dodatkowych elementów

infrastruktury takich jak switch czy hub. Sterownik przeznaczony jest do komunikacji w sieciach EtherNet/IP i

MODBUS [1]. Dodatkowo układ został rozszerzony o karty wyjść cyfrowych 750-1504 i wejść analogowych 750-455. Do obsługi wykorzystano dotykowy panel operatorski.

Na panelu operatorskim umieszczono wszystkie podstawowe parametry procesu suszenia. Na rys. 2 pokazano ekran z podglądem jednej z komór. Z poziomu panelu suszarnik ma pełną kontrolę nad procesem.

Oprócz panelu system został wyposażony w wizualizację komputerową. Została ona wykonana w programie CoDeSys, a więc w tym samym narzędziu, które służy do programowania zastosowanego sterownika. Wizualizacja ma identyczną funkcjonalność jak panel operatorski, a dodatkowo dodano w niej funkcję zapisu najważniejszych parametrów suszenia na dysku twardym komputera.



Rys. 2 Widok na ekran z aktualnymi wartościami parametrów jednej z 11 par komór.

W nowym układzie sterowania do pomiaru wilgotności, jak już wspomniano, wykorzystywana jest metoda suchego i mokrego termometru. Na podstawie temperatur mierzonych przez czujniki typu Pt-100 sterownik, zgodnie z wzorem (1), przelicza wartość różnicy temperatur na wilgotność ϕ .

$$(1) \quad \phi = \frac{p_w(T)}{p_{wm}(T)} = \frac{p_{wm}(T_m) - A \cdot (T - T_m) \cdot p_b}{p_{wm}(T)} \cdot 100\%$$

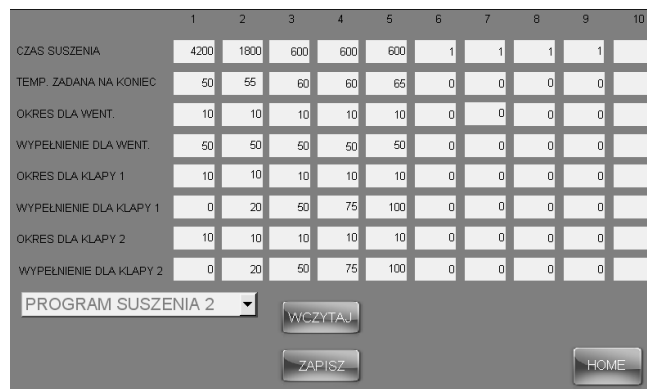
gdzie: $p_w(T)$ [mm Hg] – ciśnienie cząstkowe pary wodnej w badanym powietrzu o temperaturze T [K] (odczytanej z termometru suchego t [°C]), $p_{wm}(T)$ [mm Hg] – ciśnienie cząstkowe pary wodnej w powietrzu nasyconym o tej samej temperaturze t (lub T), T_m [K] – temperatura powietrza nasyconego (odczytana z termometru mokrego t_m [°C]), A – stała psychrometru, p_b [mm Hg] – ciśnienie baryczne.

Do obliczeń przyjęto stałe ciśnienie baryczne. Wartości ciśnień we wzorze odczytuje się z tabeli obrazującej ich wartość w zależności od temperatury. W celu uniknięcia wprowadzania obszernej tabeli do sterownika wyznaczono wzór aproksymujący jej

zawartość. Różnica pomiędzy wilgotnością obliczoną na podstawie uzyskanego wzoru oraz tabel różniła się co najwyżej o 1%.

Suszenie

W nowym układzie sterowania proces suszenia podzielono na kilka etapów. Na rys.3 pokazano ekran do wprowadzenia parametrów w poszczególnych krokach.

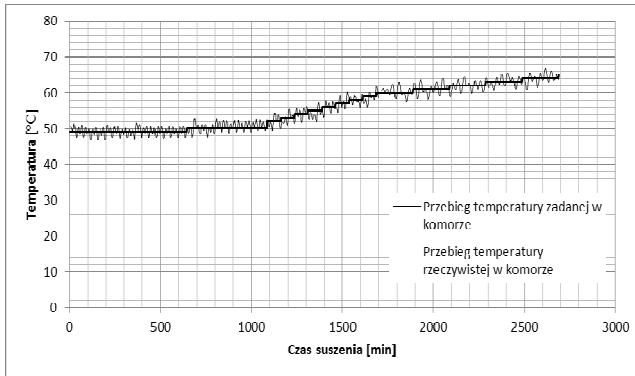


Rys. 3 Widok na ekran służący do wprowadzania parametrów suszenia w poszczególnych krokach.

W każdym programie suszenia wymagane jest określenie ilości realizowanych etapów, wprowadzenie czasu ich trwania, podanie okresu i wypełnienia dla pracy wentylatorów i klap oraz wprowadzenie temperatury zadanej na koniec poszczególnych etapów.

Sterowanie klapami i wentylatorami odbywa się poprzez sygnał PWM. Operator definiuje okres i wypełnienie osobno dla wentylatorów i osobno dla klap. W celu uniknięcia przepływu powietrza w komorze tylko w jednym kierunku, wentylatory przy każdym załączeniu zmieniają kierunek wirowania. Umożliwia to równomierne wysychanie cegieł po obu stronach komory.

Temperatura w komorach nie może zmieniać się skokowo. Zbudowany układ zwiększa ją stopniowo; analizuje wpisany czas trwania kroku, temperaturę aktualną w komorze i zadaną na koniec danego kroku. Na podstawie tych danych wylicza przyrost i ustawia żadaną wartość. Regulacja temperatury zrealizowano na regulatorze typu PID, który został dołączony w bibliotekach udostępnianych przez producenta sterownika. Z racji gabarytów i kształtu komory, rodzaju suszonego materiału oraz sposobu ogrzewania w komorze występują opóźnienia rzędu kilku a czasem nawet kilkunastu minut. Po doborze odpowiednich nastaw regulator jednak dobrze sobie z nimi radzi. Na rys. 4 pokazano przykładowy przebieg temperatury w komorze podczas normalnego cyklu suszenia wybranego rodzaju cegły.



Rys. 4 Przebieg temperatury w komorze podczas całego cyklu suszenia jednego z rodzajów cegieł.

Widać, że temperatura w komorze nie przebiega liniowo jednak pokrywa się z wartością zadaną. Wszelkie skoki temperatury związane są z załączeniem wentylatorów w komorze.

Oprócz realizacji samego procesu suszenia, układ z sterownikiem i panelem operatorskim ma możliwość zapamiętania kilku programów suszenia. Każdy z programów zawiera kompletny zestaw wartości parametrów suszenia. Dzięki temu załączanie danej komory sprowadza się jedynie do wyboru odpowiedniego programu. Każdy z programów może być edytowany, a więc nie ma konieczności przepisywania wszystkich parametrów. Jeżeli zaistnieje potrzeba, zmian można dokonać również podczas pracy komory.

System wizualizacji na panelu operatorskim pozwolił również na obserwację przebiegu suszenia w formie wykresu na których pokazana została temperatura zadana, temperatura aktualna i wilgotność, a więc najważniejsze parametry podczas suszenia. Wykresy dostępne są w dwóch wersjach: on-line (wykres bieżący) i historycznej (czyli np. z przed kilku dni). Z panelu operator może dowiedzieć się również o tym, jak długo dana cegła jest już suszona oraz o kroku w którym aktualnie się znajduje; na podglądowym rysunku komory widzi, w którym

momencie załączane są klapy i wentylatory. Posiada również informację o temperaturze pary i spalin z pieca.

Obszerna ilość pamięci w zastosowanym sterowniku pozwala również na zapamiętanie bieżącego stanu komór w razie zaniku napięcia. Sterownik zapamiętuje wszystkie niezbędne parametry, a następnie po przywróceniu zasilania zaczyna realizować proces suszenia od momentu, w którym został on przerwany.

Podsumowanie

Zmiana sterowania komorami w cegielni Patoka miała na celu zoptymalizowanie i usprawnienie procesu suszenia. Zastosowany układ, dzięki odpowiednio dobranym parametrom pozwala zmniejszyć zużycie pary potrzebnej do ogrzania zaworu, co skutkuje oszczędnością ok. 30 ton węgla miesięcznie.

Zastosowany sterownik WAGO umożliwił realizację wszystkich funkcji niezbędnych do przebiegu suszenia i prostej obsługi. Jego modułowa budowa pozwala na następne modernizacje, bez konieczności montażu kolejnego sterownika.

LITERATURA

[1] WAGO 750-881 datasheet

Autorzy: Andrzej Wolny, Energo-Silesia, Zakład automatyki, ul. Opolska 21B, 47-120 Zawadzkie, E-mail: a.wolny@energosislesia.pl; Mateusz Wolf, Energo-Silesia, Zakład automatyki, ul. Opolska 21B, 47-120 Zawadzkie, E-mail: matek453@gmail.com