

JANUSZ SZRENIAWSKI, ANDRZEJ JOPKIEWICZ
Politechnika Łódzka

SPOSOBY REALIZACJI STEROWANIA PROCESÓW ZWIĄZANYCH
Z PODGRZEWANIEM DMUCHU GAZAMI ŻELIWIAKOWYMI
W REKUPERATORZE OPROMIENIOWANYM

Streszczenie. W oparciu o przedstawione w poprzednich pracach autorów [1-4] uproszczone charakterystyki statyczne procesów, związanych z podgrzewaniem dmuchu gazami żeliwiakowymi w rekuperatorze opromieniowanym, przedyskutowano szereg własnych propozycji układów automatycznego sterowania i regulacji tych procesów.

W proponowanych 9 wariantach układów automatycznego sterowania i regulacji, przedstawionych w formie schematów technologicznych, uwzględniono powiązania pomiędzy następującymi parametrami: ilością gazów, ich składem, ilością powietrza do ich dopalania, temperaturą spalin, ilością powietrza dmuchu, temperaturą jego nagrzania, temperaturą ścianki wewnętrznej.

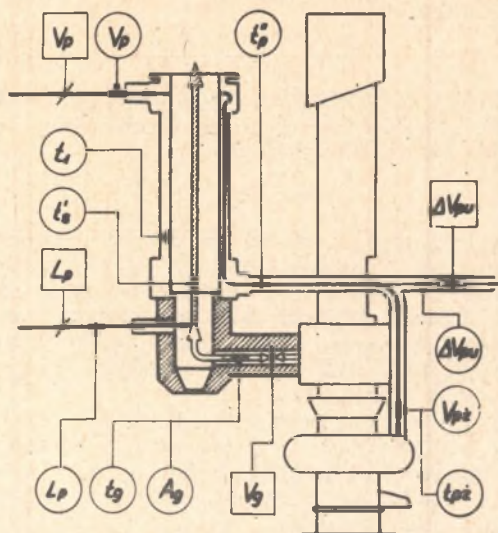
Uzasadniono, że przed wprowadzeniem automatyzacji do sterowania tymi procesami konieczne jest uprzednie opanowanie sterowania ręcznego i określenie w tych warunkach zakresów zmian poszczególnych parametrów oraz rzeczywistych, statycznych i dynamicznych współzależności pomiędzy nimi.

1. Ustalenie zagadnienia

Zespół procesów związanych z podgrzewaniem dmuchu gazami żeliwiakowymi w instalacji żeliwiakowej z rekuperatorem opromieniowanym stanowi przykład złożonego procesu technologicznego. Zaprojektowanie układu sterowania automatycznego dla takiego zespołu procesów wymaga przeprowadzenia szeregu prac wstępnych.

W niniejszym opracowaniu, stanowiącym część tych prac, zostanie przeprowadzona analiza możliwości automatycznego sterowania wymienionego złożonego procesu. Jak wiadomo w instalacji żeliwiakowej można wyróżnić trzy wzajemnie powiązane ze sobą procesy: wymianę ciepła w rekuperatorze, dopalanie gazów żeliwiakowych w komorze spalania oraz proces żeliwiakowy, który

jest kompleksem procesów fizykochemicznych zachodzących w szybie żeliwiaka. Bezpośrednio związanymi z podgrzewaniem dmuchu są tylko dwa pierwsze procesy, jednak ich ściśle powiązanie z procesem żeliwiakowym wymaga uwzględnienia tych powiązań



Rys. 1. Miejsca pomiarów i nastawiania dla procesów wymiany ciepła w rekuperatorze oraz dopalania gazów żeliwiakowych w komorze spalania. Wielkości mierzone otoczono kołem, nastawiane - kwadratem

w analizie. Oba procesy można scharakteryzować szeregiem wielkości wejściowych i wyjściowych. Na podstawie analizy statycznych charakterystycznych procesów, czyli zależności występujących w ustalonych przebiegach rozważanych procesów pomiędzy ich wielkościami wejściowymi i wyjściowymi, wytypowano szereg wielkości przydatnych do ich sterowania [1]. Na rys. 1 na tle schematu instalacji żeliwiakowej z rekuperatorem wolnostojącym zaznaczono miejsca pomiarów i nastawiania tych wielkości. Oznaczono przy tym:

| | | |
|-------|------------------------|--|
| t_g | [°C] | - temperatura gazów żeliwiakowych, |
| A_g | [% obj] | - skład chemiczny gazów żeliwiakowych, |
| V_g | [Nm ³ /min] | - natężenie przepływu gazów żeliwiakowych dopływających do komory dopalania, |
| L_p | [Nm ³ /min] | - natężenie przepływu powietrza do dopalania gazów żeliwiakowych, |

| | | |
|-----------------|------------------------|---|
| t'_s | [°C] | - temperatura spalin na wejściu do rekuperatora, |
| V_p | [Nm ³ /min] | - natężenie przepływu powietrza dmuchu, |
| t''_p | [°C] | - temperatura powietrza dmuchu na wyjściu z rekuperatora, |
| t_1 | [°C] | - temperatura ścianki rekuperatora oddzielającej powietrze i spalinę, |
| ΔV_{pu} | [Nm ³ /min] | - natężenie przepływu powietrza upuszczanego za rekuperatorem, |
| $V_{pż}$ | [Nm ³ /min] | - natężenie przepływu powietrza dmuchu dopływającego do żeliwiaka, |
| $t_{pż}$ | [°C] | - temperatura powietrza dmuchu dopływającego do żeliwiaka. |

Mając do dyspozycji powyższe wielkości, teoretycznie można zestawić dużo różnych wariantów układów sterowania. Jednak tylko niektóre z nich mogą mieć znaczenie praktyczne. Takie właśnie warianty zestawiono w tabelicy 1. W poszczególnych wariantach wielkości wchodzące w układy sterowania zaznaczono ramką, wewnątrz której oznaczono:

- X - wielkość regulowana,
- Y - wielkość nastawiająca w zamkniętym układzie sterowania - regulacji,
- S - wielkość sterowana w układzie otwartym,
- St - wielkość nastawiająca w otwartym układzie sterowania,

Ponadto wprowadzono w oznaczeniach następujące indeksy:

- RG - główny obwód regulacji układu kaskadowego,
- RP - pomocniczy obwód regulacji układu kaskadowego,
- max - regulacja ekstremalna na maksymalną wartość wielkości sterowanej, poprzez ustalenie optymalnej (opt) wartości wielkości nastawiającej,
- dw - regulacja dwupołożeniowa dopuszczalnej temperatury ścianki wewnętrznej rekuperatora t_{1dop} .

Oznaczenie ΣZ w pierwszej kolumnie tabelicy 1 reprezentuje sumę zakłóceń wynikających ze zmian nie wymienionych w tabelicy wielkości jak np. temperatury gazów żeliwiakowych t_g .

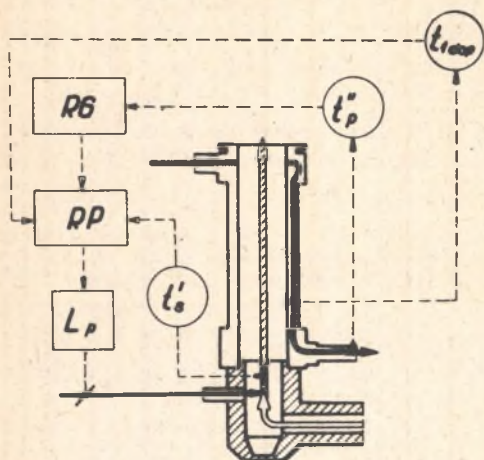
Tablica 1

Warianty sterowania procesów związanych z podgrzewaniem dmuchu w rekuperatorze opromienionym

| Nr wariantu | Nr rys. | Rekuperator z komorą spalania | | | | | | | | Upust Żaliniak | | | Uwagi |
|-------------|---------|-------------------------------|------------------|-------|-------|--------------|--------------|-------------|-----------------|------------------|------------------|--|--|
| | | ΣZ | A_g | V_g | L_D | t'_s | V_D | t'_D | t'_{scop} | ΔV_{pu} | V_{z} | t'_{pz} | |
| 1 | 2 | Z | Z | Z | | | | | | 0 | $V_D \Delta V_p$ | t'_D | przy $V_{z} = const.$ $\Delta V_{pu} = 0$ |
| 2 | 4 | Z | Z | Z | | | | | | 0 | $V_D \Delta V_p$ | t'_D | --- |
| 3 | 5 | Z | | Z | | | | | | 0 | $V_D \Delta V_p$ | t'_D | --- |
| 4 | 6 | Z | | | | | | | | 0 | $V_D \Delta V_p$ | t'_D | --- |
| 5 | 7 | Z | | | | | | | | 0 | $V_D \Delta V_p$ | t'_D | --- |
| 6 | - | Z | jak warianty 4+5 | | | $V_D const.$ | | | ΔV_{pu} | $V_D \Delta V_p$ | t'_D | przy $V_{z} = const.$ $\Delta V_{pu} = 0$ | |
| 7 | 8 | Z | jak warianty 4+5 | | | | | | ΔV_{pu} | $V_D \Delta V_p$ | t'_D | --- | |
| 8 | 9 | Z | Z | Z | | | | t'_{pmax} | | ΔV_{pu} | $V_D \Delta V_p$ | t'_{pmax} | --- |
| 9 | 10 | Z | Z | Z | | | $V_D const.$ | t'_{pmax} | | ΔV_{pu} | $V_D \Delta V_p$ | t'_{pmax} | przy $V_{z} = const.$ $\Delta V_{pu} = 0$ |

2. Sterowanie z nastawianiem ilości powietrza dopalania

Schemat technologiczny układu sterowania dla wariantu 1 przedstawiono na rys. 2. Obejmuje on regulację temperatury powietrza dmuchu t_p w układzie



Rys. 2. Schemat sterowania z nastawianiem ilości powietrza dopalania; 1 wariant z tabl.1

kaskadowym oraz układ zabezpieczający przed przekroczeniem dopuszczalnej temperatury ścianki rekuperatora t_{1dop} . Układ kaskadowy składa się z dwu zamkniętych obwodów regulacji: głównego i pomocniczego, w których regulatory odpowiednio - główny RG i pomocniczy RP są połączone szeregowo. W rozważanym przypadku regulator główny RG reaguje na zmianę temperatury dmuchu t_p i zmienia wartość zadaną regulatora pomocniczego, który reaguje na zmiany temperatury spalin t'_s i ostatecznie powoduje zmianę położenia nastawnika L_p . Kaskadowy układ regulacji pracuje w ten sposób, jak gdyby regulator pomocniczy swoją pracą tłumił większą część zakłóceń

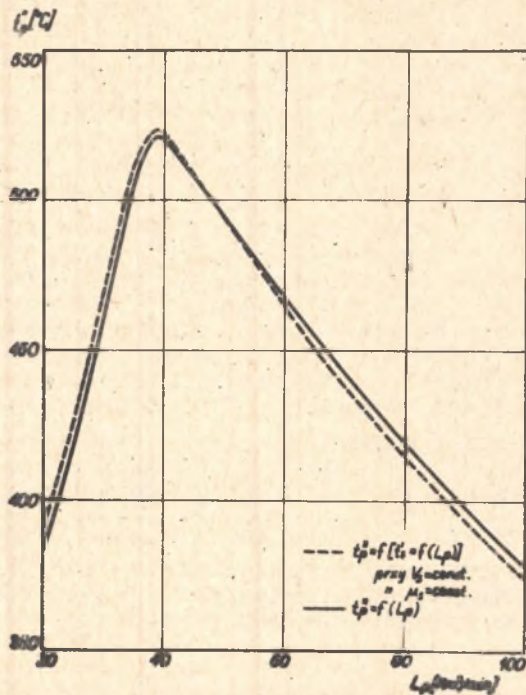
obiekta regulacji, którymi w tym przypadku są zmiany temperatury spalin t'_s , zaś regulator główny usuwał jeszcze odchylenia od zadanej t'_s nominalnej wartości parametru regulowanego, którym jest temperatura podgrzania powietrza t'_p . W tym układzie sterowania uwzględniono układ zabezpieczający przed przekroczeniem ustalonej, dopuszczalnej temperatury ścianki wewnętrznej rekuperatora t_{1dop} . Połączenie ostatnio wymienionego obwodu z pozostałymi może być różne: albo sygnał t_{1dop} może oddziaływać na wartość zadaną regulatora pomocniczego lub na wartość zadaną regulatora głównego, może wreszcie uruchamiać dodatkowy układ awaryjny celem ochładzania rekuperatora.

3. Analiza krajowej praktyki sterowania rozważanych procesów

Obecnie w praktyce krajowej prowadzi się próby realizowania sterowania automatycznego w układzie odpowiadającym tylko obwodowi regulatora pomocniczego z rys. 2, odpowiada to regulacji procesu dopalania na zadane wartości t'_s . Zakłada się, że pozostałe sprzężenia powinny być realizowane przez obsługę

kontrolującą temperaturę powietrza t_p'' i ścianki t_1 oraz ustalającą odpowiednio zadane wartości t_s' regulatorowi temperatury spalin (na rys. 2 regulator pomocniczy RP). Dla zabezpieczenia pewności właściwej pracy obsługi, przekroczenie dopuszczalnej temperatury ścianki t_{1dep} powoduje włączenie sygnalizacji świetlnej i akustycznej. Prawidłowe działanie takiego układu regulacji będzie zależało od wielkości występujących zakłóceń, zarówno procesu spalania, a więc zmian t_g' , CO , V_g' , jak i procesu wymiany ciepła, na przykład V_p' , t_p' , δ_{os} , μ_s .

Jak stwierdzono [1], sterowanie z powyższym układzie wymaga dużych wartości bezwzględnych L_p oraz dużych zakresów ich zmian. Ponadto zmiany L_p wpływając na zmiany t_s' zmieniają również, jak wykazano [1], ilość spalin V_s oraz stężenie ich zapalenia μ_s . Oddziaływania L_p na t_p'' poprzez t_s' oraz μ_s mają kierunek przeciwny niż poprzez V_s . W warunkach



Rys. 3. Temperatura nagrzania powietrza t_p'' w zależności od ilości powietrza do dopalania L_p dla rekuperatora przeciwprądowego o wybranych średnich parametrach konstrukcyjnych i eksploatacyjnych

określonych wartościami średnich przyjętych parametrów rozpatrywanych w poprzednich pracach [1, 2, 3, 4], oddziaływania L_p na t_p'' przez V_s oraz μ_s znowszą się, stąd zmiana L_p wpływa na t_p'' głównie przez zmianę t_s' . Widoczne jest to na rys. 3 na którym linia ciągła wyznaczona jest dla zależności między L_p oraz t_p'' z wszystkimi powiązaniem, a linia przerywana została wyznaczona tylko poprzez t_s' z pominięciem występujących jednocześnie ze zmianą L_p zmian V_s oraz μ_s . Przy ustalonych wartościach pozostałych parametrów każdej wartości L_p będzie odpowiadała jedna wartość t_s' a zatem również t_p'' . Przy zmianach

na przykład ilości dmuchu V_p czy grubości osadu na ścianie δ_{os} nastąpi zmiana t_p'' , której można przeciwdziałać zmianami t_s' poprzez zmiany L_p , czyli zmiany wartości zadanej układu regulacji procesu spalania. Współzależność w układzie regulacji według wariantu 1 przy założeniu pomijalnie małych zmian składu gazów A_g , ich ilości V_g oraz dla określonych zmian temperatury gazów t_g i ilości dmuchu V_p przedstawiono w postaci statycznej charakterystyki procesu w poprzednich pracach autorów [2, 3, 4]. Przy spełnieniu tych założeń oraz dla $V_p = \text{const}$ można przyjąć, że stabilizacja procesu dopalania na określonej wartości $t_s' = \text{const}$ prowadzi do stabilizacji t_p'' .

4. Sterowanie z dwustopniowym dopalaniem i ekstremalnym sterowaniem pierwszego stopnia

Zagadnienie komplikuje się, jeżeli sterowanie procesu żeliwnikowego dopuszcza zmiany składu gazów A_g oraz zmiany ich ilości

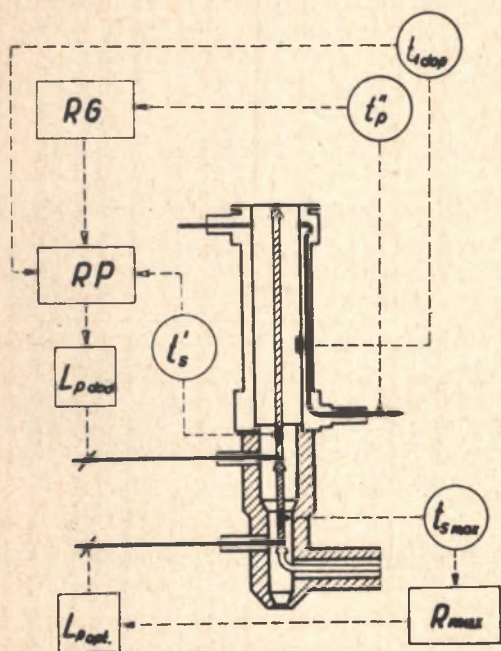
V_g , co ma miejsce w

praktyce. Uzasadniono uprzednio [1], na podstawie analizy procesu spalania, że w tym przypadku regulacja mogłaby odbywać się tylko przy ilości powietrza do dopalania L_p zapewniającej

spalanie z współczynnikiem nadmiaru $\lambda > 1$, a bliskiej liczbowo ilości dmuchu V_p . Zapewnienie tak dużych wartości L_p

oraz realizacja w bardzo szerokim zakresie ich zmian są zadaniem technicznie trudnym. Ponadto istnieje, szczególnie przy zmianach składu lub ilości gazów, niebezpieczeństwo zmiany zależności pomiędzy t_s' a L_p

Rys. 4. Schemat sterowania z dwustopniowym dopalaniem i ekstremalnym sterowaniem pierwszego stopnia, 2 wariant z tabl. 1



na przeciwną [1]. W takim przypadku regulator zamiast stabilizować proces zacznie go dodatkowo zakłócać. W układzie au-

tomatycznego sterowania sytuacja taka jest niedopuszczalna. Dlatego też godne zalecenia jest zastosowanie dwustopniowego dostarczania powietrza do dopalania L_p (tabel. 1 wariant 2) rys. 4.

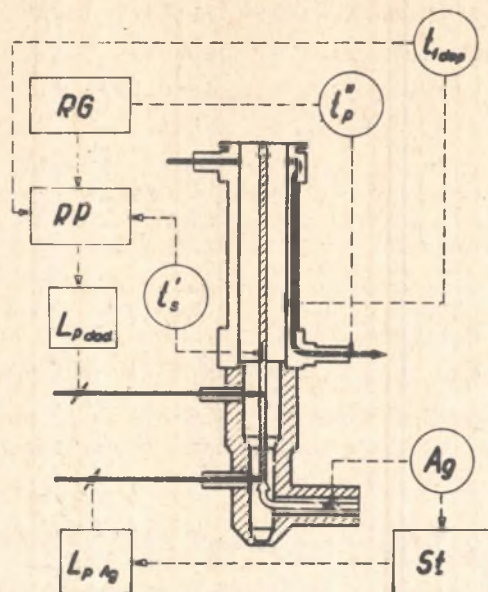
Pierwszy stopień dostarcza tu powietrze do dopalania w ilości $L_{p \text{ opt}}$ odpowiadającej całkowitemu spalaniu, a więc osiągnięciu maksymalnej temperatury spalin $t_{s \text{ max}}$. Drugi stopień schładza spaliny przy pomocy dodatkowej ilości powietrza $L_{p \text{ dod}}$ do żądanej temperatury spalin t'_s . Regulacja pierwszego stopnia procesu spalania mogłaby odbywać się w oddzielnym układzie z regulatorem ekstremalnym, to znaczy naprowadzającym dla danych parametrów gazów temperaturę spalin na $t_{s \text{ max}}$, odpowiadającą całkowitemu spalaniu. Rozrzedzanie spalin do temperatury t_s odbywałoby się w układzie jak i opisano poprzednio. Przy takim rozwiązaniu regulacji uzyska się pewność jej działania dla dowolnych zmian parametrów gazów żeliwiakowych. Jednocześnie rozłożenie całkowitej ilości powietrza na dwa stopnie powinno ułatwić konstrukcję urządzeń nastawiających ilość powietrza $L_{p \text{ opt}}$ oraz $L_{p \text{ dod}}$. Konieczne jest jednak właściwe zaprojektowanie komory spalania. Na rysunku 4 przedstawiono tylko jej schemat ideowy, w rzeczywistości kształt komory z dwustopniowym dopalaniem będzie bardziej skomplikowany.

5. Sterowanie ze składem gazu jako wielkością nastawiającą

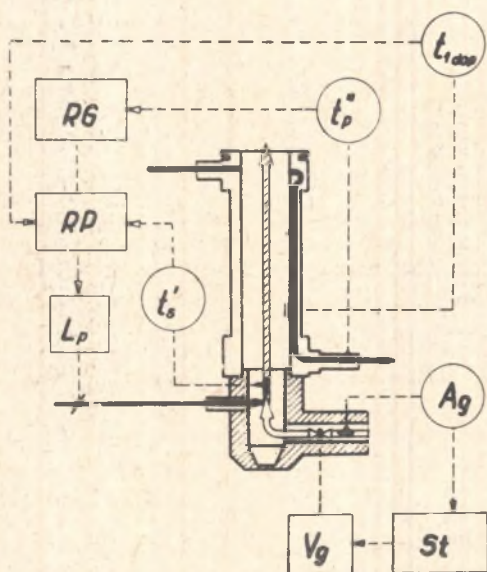
Przy dużych zmianach składu gazów A_g można by zastosować układ sterowania procesu spalania w którym sygnał pomiarowy analizatora gazów zapewniałby doprowadzenie dla różnych składów gazów A_g ilości powietrza L_p odpowiadające całkowitemu spalaniu gazu o danym składzie A_g , wariant 3 tabl. 1 i rys. 5. Dalsza regulacja odbywałaby się w układzie omówionym poprzednio. Oba układy sterowania mogłyby oddziaływać albo na dwa oddzielne źródła powietrza, np. dwa wentylatory (rys. 5), albo sygnały pomiarowe z obu układów mogłyby być włączone do jednego regulatora oddziaływującego na jeden siłownik.

6. Sterowanie z tłumieniem zmian składu gazu zmianami ich ilości

Zagadnienie komplikuje się w przypadku zmian V_g . Ponieważ jednoczynny pomiar V_g jest bardzo trudny ze względów technicznych, zmiany V_g będą zakłóceniami procesu dopalania. Dla stabilizacji procesu w tym przypadku należy kompensować zakłóce-



Rys. 5. Schemat sterowania ze składem gazu jako wielkością nastawiającą; 3 wariant z tabl. 1



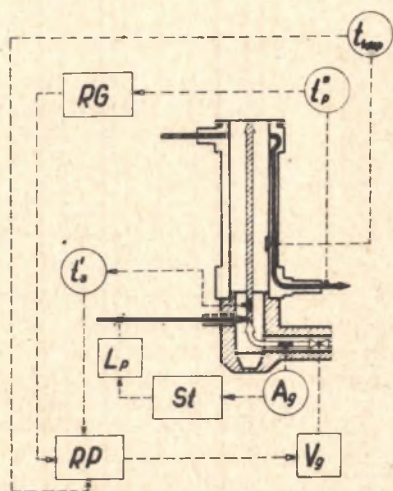
Rys. 6. Schemat sterowania z tłumieniem zmian składu gazu zmianami ich ilości; 4 wariant z tabl. 1

nia ΔV_g zmianami innych wielkości (np. w wariancie 1 zmianami L_p). Można jednak zamiast kompensować zakłócenia wywoływane zmianami V_g , wykorzystać tę wielkość pośrednio do sterowania, tabl. 1 wariant 4. Zastosowanie zmian V_g do sterowania jest możliwe tylko w rekuperatorach wolnostojących, przy których nie powinno być trudności z zainstalowaniem na przelocie gazów w rurociągu zasuw, której położeniem można by zmieniać ilość V_g . Włączając zasuwę w układ sterowania można by zmieniać ilość gazów w celu tłumienia zakłóceń wywołanych zmianami składu gazu, rys. 6. Wtedy zamiast oddziaływać na zmiany CO zmianami L_p jak w wariancie 1, 2 i 3, będzie się oddziaływać zmianami V_g . W ten sposób zakłócenia spowodowane zmianami A_g oraz V_g będą się wzajemnie kompensować [1]. Dalsza regulacja odbywałaby się w układzie omówionym poprzednio.

7. Sterowanie z nastawianiem ilości gazów żeliwiakowych

Ilość gazów V_g można również wykorzystać jako wielkość nastawiającą w zamkniętym układzie sterowania, czyli układzie regulacji, tabl. 1 wariant 5. Na rys. 7 przedstawiono schemat technologiczny dla tego wariantu, w którym w kaskadowym układzie regulacji temperatury nagrzania powietrza t_p'' , wielkością nastawiającą w obwodzie pomocniczym jest ilość gazów V_g .

Jak wynika z charakterystyki statycznej procesu do palania [1], regulacja tego typu wymaga ustalenia ilości powietrza do dopalania na ilość większą niż jest potrzebna do zupełnego spalania gazów w ilości V_g . Ilość ta jest różna dla różnych składów gazów. Przy dużych zmianach składu gazu istnieje niebezpieczeństwo wejścia w zakres, gdzie nie jest jednoznacznie określona zależność pomiędzy t_p'' a V_g [1]. Dlatego w takim



Rys. 7. Schemat sterowania z nastawianiem ilości gazów żeliwiakowych; 5 wariant z tablicy 1

przypadku konieczny jest dodatkowy układ sterowania ilości powietrza do dopalania L_p (rys. 7), który dla każdego składu gazów A_g zapewni właściwą ilość powietrza do dopalania L_p . Układ powyższy zgodnie z uwagami poczynionymi przy omawianiu poprzedniego, może mieć zastosowanie tylko przy instalacjach z rekuperatorami wolnostojącymi.

8. Sterowanie przy stałej ilości dmuchu przepływającej przez rekuperator

Omówione sposoby sterowania dotyczyły zamkniętego obiegu dmuchu, przy czym sterowanie ilości dmuchu dla procesu żeliwiakowego $V_{pż} = V_p \pm \Delta V_p$ odbywało się przed rekuperatorem, a zmiany $\pm \Delta V_p$ były zakłóceniami procesu wymiany ciepła, tabl. 1, warianty 1-5.

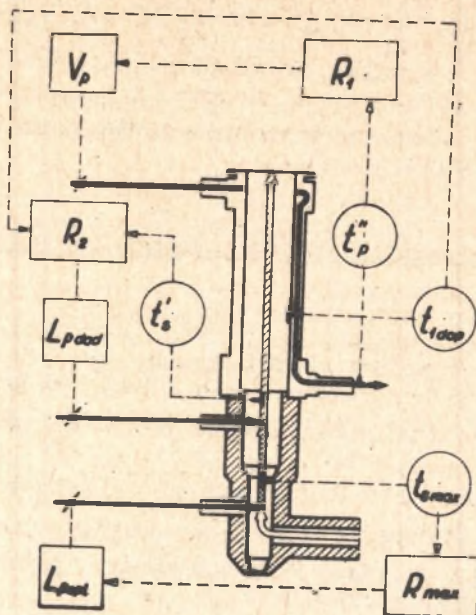
Jeżeli sterowanie ilości dmuchu do żeliwiaka $V_{pż}$ przesunąć za rekuperator i sterować $V_{pż}$ przy pomocy upustu ΔV_{pu} (tabl. 1, wariant 6), to pozbywamy się zakłócenia procesu wymiany ciepła w rekuperatorze poprzez zmiany V_p .

Zgodnie z poprzednimi omówieniami można by wtedy dyskutować o możliwości zastosowania w celu stabilizacji t_p'' tylko stabilizacji procesu spalania.

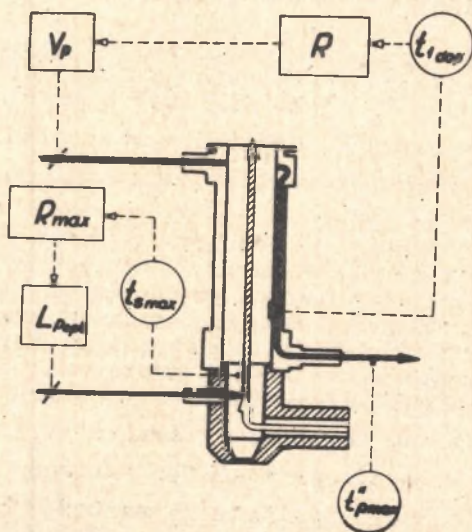
9. Sterowanie z nastawianiem ilości dmuchu

W układzie, w którym przewiduje się zastosowanie upustu, dla wyeliminowania zakłóceń w procesie wymiany ciepła można wykorzystać ilość dmuchu V_p jako wielkość nastawiającą na $t_p'' = \text{const}$, tabl. 1 wariant 7. Oddziaływanie zmian V_p na proces wymiany ciepła, a zatem na wartość t_p'' , są bardzo efektywne i mają małą bezwładność [5].

W tym przypadku regulację procesu spalania można by sprowadzić do stabilizowania temperatury spalin przy pomocy jednego z układów wybranych z omówionych poprzednio. Na rys. 8 przedstawiono schemat technologiczny dla rozważanego przypadku, przy czym stabilizacja temperatury spalin odbywa się w układzie dwustopniowego dostarczania ilości powietrza do dopalania, a sygnał przekroczenia dopuszczalnej temperatury ścianki t_1 dopowiada wartość zadaną temperatury spalin t_s' dla regulatora oznaczonego R_2 . Skrajnym przypadkiem takiego rozwiązania byłoby regulowanie procesu spalania na wartość $t_{s, \text{max}}$ i całkowite regulowanie procesu wymiany ciepła na wartość t_p'' poprzez zmiany ilości dmuchu V_p (regulator R_1).



Rys. 8. Schemat sterowania z nastawianiem ilości dmuchu; 7 wariant z tabl. 1



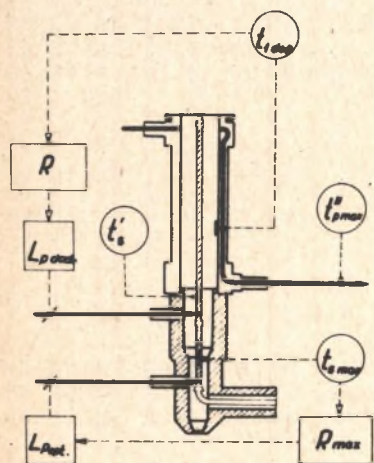
Rys. 9. Schemat sterowania ekstremalnego z jednostopniowym dopalaniem; 8 wariant z tabl. 1

W dwu rozpatrywanych ostatnio przypadkach wariant 6 i 7 sterowanie ilości dmuchu do żeliwiaka odbywa się poprzez sterowanie ilości powietrza upustem. Sterowanie to można by zrealizować w oparciu o różnicę sygnału przepływu powietrza przed rekuperatorem V_p a wartością zadaną V_{pZ} , względnie sterowanie mogłoby zostać włączone w układ sterowania procesu żeliwiakowego.

10. Sterowanie ekstremalne z jednostopniowym dopalaniem

Podobny system sterowania może być przydatny przy prowadzeniu żeliwiaka w celu optymalizacji procesów topienia, np. przy procesie duplex. W tych warunkach nie będzie konieczne utrzymywanie stałej wartości t_p'' , a raczej w celu maksymalnego wykorzystania ciepła spalin należałoby dążyć do uzyskania $t_s' \max$ i $t_p'' \max$, które będą ograniczone wartością $t_1 \text{ dop}$. Wtedy sterowanie procesu wymiany ciepła w rekuperatorze może być prowadzone na $t_1 \text{ dop}$, to znaczy $t_1 \text{ dop}$ będzie parametrem regulowanym a ilość dmuchu V_p nastawiającym (tabl. 1, wariant 8, rys. 9).

11. Sterowanie ekstremalne z dwustopniowym dopalaniem



Rys. 10. Schemat sterowania ekstremalnego z dwustopniowym dopalaniem; 9 wariant z tabl. 1

Przy stałej ilości dmuchu V_p , taki cel jak w poprzednim przypadku można by osiągnąć przez włączenie sygnału temperatury ścianki $t_1 \text{ dop}$ w układ regulacji procesu dopalania. Przyjmując do sterowania temperatury spalin regulator ekstremalny na $t_s \max$ oraz dopalanie dwustopniowe, w układzie sterowania drugiego stopnia z wielkością nastawiającą - ilości powietrza $L_p \text{ dod}$, jako wielkość regulowaną można przyjąć właśnie temperaturę ścianki $t_1 \text{ dop}$, rys. 10, tabl. 1, wariant 9.

12. Podsumowanie oraz wytyczne do dalszych prac

Wybranie konkretnego układu sterowania będzie możliwe po określeniu rzeczywistych współzależności uwzględniających oddziaływanie wszystkich wielkości wejściowych i wyjściowych zarówno w procesach spalania jak i wymiany ciepła oraz pomiędzy tymi procesami. Współzależności te mogą być różne w zależności od wybranej technologii procesu żeliwiakowego i związanych z nią zakresów zmian poszczególnych parametrów [1]. Należy jednak zwrócić uwagę, że sterowanie procesów jest możliwe, jeżeli wielkość nastawiająca charakteryzuje się nadmiarem energii ponad potrzebną do przebiegu nominalnego. Na przykład w układzie regulacji, gdzie parametrem nastawiającym jest L_p , jego źródło powinno móc dostarczać znacznie większe ilości powietrza niż są potrzebne do całkowitego spalania gazów i to tym większe, im większych spodziewa się można zakłóceń.

Ponadto dla wyboru odpowiednich regulatorów konieczne jest określenie dynamicznych zależności pomiędzy wielkościami nastawiającymi a wielkościami regulowanymi. Analityczne wyznaczenie tych zależności w omawianym przypadku jest niezwykle trudne, wobec czego należy dokonać tego metodami doświadczalnymi [6, 7]. Konieczne jest jednak uprzednie opanowanie zagadnień trwałości instalacji oraz ręcznego sterowania procesami. W warunkach sterowania ręcznego można będzie wyznaczyć zależności dynamiczne między wielkościami wejściowymi i wyjściowymi w poszczególnych wybranych wariantach układów sterowania przedstawionych w tablicy 1.

Poznanie statycznych współzależności pomiędzy rozważanymi wielkościami i określenie zakresów ich zmian w poszczególnych omawianych procesach składowych oraz określenie współzależności dynamicznych w warunkach ich ręcznego sterowania, jest niezbędne przed wprowadzeniem sprawnego sterowania automatycznego.

LITERATURA

- [1] Szreniawski J., Jopkiewicz A.: Analiza niektórych procesów zachodzących w instalacji żeliwiakowej z rekuperatorem opromieniowanym, z punktu widzenia możliwości ich automatycznego sterowania (poprzedni referat).
- [2] Szreniawski J., Jopkiewicz A.: Rekuperatory opromieniowane do żeliwiaków. MPC - ZPWO, Łódź 1962.

- [3] Szreniawski J., Jopkiewicz A.: Drogi powiększenia trwałości rekuperatorów opromieniowanych. Przegląd Odlewnictwa 1964 nr 11, str. 1+7.
- [4] Jopkiewicz A.: Wpływ niektórych czynników na pracę rekuperatora opromienianego w instalacji żeliwniakowej. Rozprawa doktorska na Wydz. Mech. Pol. Łódzkiej 1965 r.
- [5] Trybalski P.: Zarys ogólnej metody doboru regulacyjnie optymalnego aparatu wymiany ciepła oraz jego zastępczej uproszczonej funkcji przejścia. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 54, Automatyka nr 2, Gliwice 1962.
- [6] Tuszyński K.: Automatyczna regulacja operacji jednostkowych. WNT - Warszawa 1961.
- [7] Findeisen W.: Technika regulacji automatycznej. PWN - Warszawa 1965.

СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ
СВЯЗАННЫМИ С ПОДОГРЕВАНИЕМ ПОДДУВАЛА ГАЗАМИ-ВАГРАНЩИКАМИ,
В ОБЛУЧЕННОМ РЕКУПЕРАТОРЕ

Р е з ю м е

Опираясь на представленные в предыдущих трудах авторов [1 ÷ 4] упрощенные статистические характеристики процессов, связанные с подогреванием поддувала газами-вагранщиками в облученном рекуператоре, проанализирован ряд собственных предложений систем автоматического управления и регулировки этих процессов. В предлагаемых 9 вариантах систем автоматического управления и регулировки, представленных в виде технологических схем, принята во внимание связь между следующими параметрами:

Количеством газов, их состоянием, количеством воздуха для их догорания, температурой выхлопных газов, количеством воздуха поддувала, температурой его нагревания, температурой внутренней стелени. Доказано, что перед применением автоматизации для управления этими процессами необходимым является предварительное овладение ручным управлением и определение в этих условиях пределов изменений отдельных параметров, а также действительных статистических и динамических взаимозависимостей между ними.

CONTROL OF PROCESSES CONNECTED WITH THE BLAST HEATING
BY MEANS OF CUPOLE GASES IN THE RADIATED RECUPERATOR

S u m m a r y

On the ground of simplified static characteristics of processes (presented in former authors' papers) connected with the blast heating by means of cupole gases in the radiated recuperator, a series of authors' suggestions concerning the systems of automatic control and adjustment of these processes have been widely discussed. In the mine proposed versions of the automatic control and adjustment systems, presented in the form of technological diagrams, the links between the following parameters have been taken into account: quantity of gases, their composition, quantity of air needed to their afterburning, temperature of combustion gases, quantity of blast air, temperature of its heating, temperature of interval wall.

It has been proved in this paper that before introducing automation for the control of these processes it is necessary to master before the manual control and to determine in these conditions the ranges of changes of separate parameters as well as real, static and dynamic interdependences between them.