Seria: INŻYNIERIA SANITARNA z. 15

Nr kol. 277

Stanisław Mierzwiński, Janusz Piotrowski, Jan Pałasz

BADANIA WARUNKÓW WENTYLACJI HALI STALOWNI Z NIEOSŁONIĘTYMI PIECAMI ŁUKOWYMI

W ramach prac przygotowawczych do serii badań modelowych nad usprawnieniem okapowych ujęć gazów z elektrycznych pieców łukowych, omówionych w [1], przeprowadzono badania warunków wentylacji hali stalowni z odkrytymi piecami. Warunki te następnie odwzorowano w fizykalnym modelu tej stalowni i uzyskano w ten sposób pogląd na dokładność pracy wykonanego modelu. Zabiegi te były potrzebne z uwagi na brak ujęć okapowych na badanych piecach.

1. Badania w elektrostalowni huty

Jako obiekt badań wybrano 6-tonowy piec elektryczny E₁, który w hali stalowni usytuowany jest oddzielnie - rys. 1.



Rys. 1. Usytuowanie pieca E₁ i płaszczyzn pomiarowych A₁, A₂, B₁,B₂ w hali stalowni oraz powtarzające się przepływy powietrza przez halę

Stwarza to dogodne warunki do prowadzenia pomiarów, uniezależniając je od wpływu innych urządzeń, wydzielających ciepło i gazy.

Pomiary przeprowadzono w warunkach zimowych (grudzień 1967 - luty 1968) i w warunkach letnich (lipiec 1968 r). Starano się ująć możliwie dokładnie cały cykl pracy pieca od załadowania do spustu.

Do prowadzenia pomiarów obrano kilka płaszczyzn pomiarowych, uznaczonych na rys. 1, a mianowicie:

- płaszczyzny poziome, obejmujące 100 m² powierzchni nad sklepieniem pieca, umieszczone tuż nad mocowaniem elektrod(przekrój B₁) oraz nad piecem, w odległości 3 m nad mocowaniem elektrod (przekrój B₂),
- płaszczyzny pionowe, w przekrojach (A₁ i A₂) poprzecznych hali stalowni, po obu stronach pieca w odległości około 7 m od niego.

Rozmieszczenie punktów pomiarowych podane zostało na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w płaszczyźnie A₁ i A₂



Rys. 3. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w płaszczyznach poziomych B₁ i B₂

Dla określenia warunków wentylacji hali mierzono:

- a) rozkład temperatur powietrza
 - w obu poziomych płaszczyznach pomiarowych nad piecem,
 - # obu pionowych płaszczyznach pomiarowych,
 - na wysokości okien w ścianach bocznych,
- b) temperatury w wybranych miejscach:
 - powietrza, panujące w różnych punktach hali w stalowni w okolicy pieca,
 - powierzchni pieca (płaszcz zewnętrzny, krawędź sklepienia, pobliże okna wsadowego, sklepienie),
 - powietrza tuż nad sklepieniem pieca,
 - powietrza zewnętrznego,
- c) rozkład prędkości powietrza
 - w obu płaszczyznach poziomych nad piecem,
 - w obu płaszczyznach pionowych,
 - na wysokości okien w ścianach bocznych,

- d) prędkości powietrza w wybranych miejscach:
 - tuž nad sklepieniem pieca i w pobližu ścian bocznych pieca,
 - w otworze wejściowym do hali stalowni,
 - na zewnątrz hali na wysokości 1,5 m oraz 4,0 m,
- e) koncentracje zanieczyszczeń CO, CO₂ i H₂S
 - w płaszczyźnie poziomej nad piecem, w odległości 0,5 m od mocowania elektrod,
 - w płaszczyźnie poziomej nad piecem, w odległości 3 m od mocowania elektrod.

Ruchy powietrza określono wizualnie w czasie trwania całego cyklu wytopu obserwując gazy odlotowe wydzielające się z pieca przez okno wsadowe oraz otwory na elektrody w sklepieniu pieca. W czasie świeżenia tlenem stwierdzono wyraźne prądy wznoszące, przy czym ich rozkład temperatur ustalono na wysokości 4,0 m nad sklepieniem pieca.

Stanowiska pomiarowe dla mierzenia temperatur, koncentracji i prędkości powietrza w płaszczyznach poziomych nad piecem znajdowały się na suwnicy obsługującej piece elektryczne. Pomiary musiały być okresowo przerywane na kilkanaście minut, gdy suwnica była potrzebna do wykonywania czynności, wynikających z toku produkcji.

Elementy mierzące przyrządów pomiarowych były zamocowane na tyczkach 2 i 4-metrowych, wysuniętych poza obręb konstrukcji suwnicy, aby uniknąć zakłóceń powodowanych jej wpływem. Siatka pomiarowa została narysowana na poziomie roboczego pomostu pieca.

Omówienie wyników badań

Na przebieg ruchów powietrza i innych gazów w rejonie pieca E, wywierają wpływ:

- a) strumienie gorących gazów uchodzących z otworów pieca.
- b) strumienie konwekcyjne wokół gorących powierzchni pieca,
- c) prądy powietrza w hali, związane z położeniem otworów w przegrodach zewnętrznych i działaniem wiatru.

Uzyskane wyniki ilustrują przykładowo rys. 4 do 6. Przedstawiono na nich przestrzenny rozkład temperatury i prędkości powietrza w płaszczyznach, oznaczonych na rys. 1.



Rys. 4. Rozkład prędkości i temperatury powietrza w płaszczyźnie B₂ w dniu 4.XII.1967

faza wytopu: wyrabianie, warunki zewnętrzne: $t_e = 4^{\circ}C$, w=5 m/s



Rys. 5. Rozkład prędkości i temperatury powietrza w płaszczyźnie B_1 w dniu 5.XII.1967 faza wytopu: koniec okresu roztapiania, warunki zewnętrzne: $t_z = 3,5^{\circ}C$, w = 1 m/s Czynniki wymienione w p. a i b wywołują powstawanie charakterystycznego szczytu wartości parametrów nad piecem. Temperatura powietrza na poziomie suwnicy (B_2) w obrębie tego szczytu wahała się w granicach 10-20°C w zimie i 26-50°C w lecie. Najwyższe wartości osiągała przy końcu okresu roztapiania i po okresie świeżenia.

Należy zwrócić uwagę, że skale temperatury i prędkości powietrza na rys. 4-6 posiadają różne poziomy odniesienia. Na rys. 4 zaznaczono również kierunek prądów powietrza, za pomocą strzałek.



Rys. 6. Rozkład prędkości i temperatury powietrza w płaszczyźnie B₂ w dniu 18.VII.1968 faza wytopu: wyrabianie, warunki zewnętrzne: t_z=15⁰C, w=1,6 -2,7 m/s

Prądy powietrza nad piecem osiągały lokalnie maksymalne prędkości w granicach 3-4 m/s. Na ich bieg w hali wywierały również duży wpływ czynniki, wymienione powyżej w p. d.Szczególnie ujemnie zaznaczyło się wadliwe rozwiązanie wywietrzników hali, układ budowlany połączonych hal i zabudowa terenu. Wywietrzniki były zadmuchiwane przez wiatr i nie umożliwiały właściwego ujścia gazom i dymom, które kłębiły się z tego powodu pod dachem. W całej hali dominował wzdłużny ruch powietrza - rys. 1, wynikający z napływu chłodnego powietrza przez bramę wjazdową, skierowany w stronę pieców martenowskich gdzie występował dużo intensywniejszy wypór grawitacyjny.

Za pomocą pomiaru koncentracji zanieczyszczeń gazowych CO, CO_2 , H_2S , zamierzano dokonać analizy rozprzestrzeniania się tych zanieczyszczeń w hali. Jednak na skutek przewiewu przez halę i wymieszania się mas powietrza nie udało się uzyskać zamierzonego celu. Niemniej zmierzone koncentracje w rejonie pieca i na poziomie suwnicy ilustrują stan zanieczyszczenia powietrza w hali przy nieosłoniętych piecach.

Zaciemnienie atmosfery hali wydzielającymi się gazami i pyłami jest najbardziej uciążliwe w okresie świeżenia tlenem. Dotyczy to stanowiska pracy przy piecu, a szczególnie stanowiska pracy na suwnicy. Zmierzona w tym czasie koncentracja tlenku węgla nad piecem na poziomie suwnicy wynosiła ok. 0,05 -0,1% CO i przekraczała 5-10-krotnie koncentrację dopuszczalną (0,009% CO wg ASHVE).

Koncentracja CO₂ wynosiła 0,5-0,1%, a więc nie przekraczała wartości dopuszczalnych. Natomiast nie stwierdzono zawartości H₂S w powietrzu. Wymienione trzy rodzaje oznaczeń dokonywano przy pomocy rurek wskaźnikowych i pompek Dragera.

W efekcie warunki pracy są nieodpowiednie, a poprawę warunków wentylacji można uzyskać przede wszystkim przez zainstalowanie odciągów miejscowych przy każdym z pieców,które są głównymi źródłami zanieczyszczeń.

2. Badania modelowe

Przyjęte zasady modelowania (2) oraz konstrukcję i oprzyrządowanie stanowiska modelowego omówiono w [1].

Na rys. 7 przedstawiono ogólny widok tego stanowiska ze zdjętą przednią ścianą bali.

Dla modelowego odwzorowania warunków wentylacji hali przyjęto następujące parametry jako warunki brzegowe i początkowe, wprowadzane do modelu w odpowiedniej skali według wyników pomiarów w hali:



Rys. 7. Stanowisko badań modelowych -

- a) pola prędkości w płaszczyznach A₁ i A₂ na rys. 1,
- b) strumienia ciepła oddawanego przez piec i elektrody do wnętrza hali,
- c) ilość i temperaturę gazów wydzielających się z kąpieli w czasie cyklu pracy pieca,
- d) strumień ciepła oddawanego przez gorące wlewnice, stygnące
 w hali odlewniczej.

Brzegowe pola prędkości powietrza - punkt a - kształtowane były za pomocą wentylatorów osiowych i przesłon siatkowych, wyrównywujących ruch powietrza, urządzenie to umieszczono poza modelem. Powierzchnie okien i świetlików w modelu hali są otwieralne, dzięki czemu można było przystosować warunki aeracji do tych, jakie występowały w naturalnym obiekcie. Skala prędkości w modelu wynosiła: S_ = 0,23.

Temperaturę powierzchni pieca i elektrod, a więc i ilość ciepła oddawaną stąd do wnętrza hali w skali: $S_Q = 0.8 \cdot 10^{-3}$, ustalono za pomocą grzejników elektrycznych, zabudowanych w modelu pieca [1]. Odpowiedni udział strumieni ciepła promienistego zapewniono przez zachowanie skali emisyjności powierzchni $S_f = 0.48$. Przy pracy modelu zachowano w skali $S_{\Delta t} = 0.8$ różnicę temperatur wnętrza pieca oraz powietrza i przegród hali. Natomiast bezwzględna wartość temperatury powietrza i przegród mogła odbiegać od warunków w hali, z uwagi na przyjętą liniowość modelowanych zjawisk.

Ilość gazów - punkt c, wydzielających się z kąpieli w czasie wytopu stali, modelowano przez wprowadzenie do wnętrza modelu pieca określonych ilości gorącego powietrza w skali $S_m =$ = 1,01 . 10⁻³. Ilości te, wynikające z bilansu masowego gazów, zmieniano odpowiednio do okresu pracy pieca [3].

Ciepło oddawane przez gorące wlewnice – punkt d – modelowano za pomocą regulowanych grzejników elektrycznych,odpowiednio rozmieszczonych w modelu hali odlewniczej.

Punkty pomiaru wartości parametrów, składających się na warunki wentylacji hali, rozmieszczono w modelu analogicznie jak w naturalnym obiekcie - np. patrz rys. 2 i 3 oraz ruchoma krata z termoparami nad piecem na rys. 7. Temperaturę powie-

Tablica 1

Modelowanie warunków wentylacji hali stalowni przy pracy 6-tonowego pieca bez okapu w dniu 5.XII.1967 r.

Lp.	Wyszczególnienie	Jednost- ki	Cbiekt natural- ny	Przeliczenie na warunki modelowe	Uzyskane w modelu	Przeliczenie na warunki naturalne	Skale
1.	Temperatura powietrza w bali stalowni średnia	°c	+ 10	-	+ 23,8	-	Warunki pogzat- kowe
2.	Temperatura powietrza nad piecem w płaszczyśnie po- miarowej: 0,5 m pad elektrodami 3,0 m pad elektrodami	°c °c	+ 48,9 + 15,6	+ 54,9 + 28,28	+ 56 +28,8	+ 50,6 + 16,2	S _{∆t} ≡C,8
3.	Temperatura powierzobniowa trzonu pieca	°c	+ 140	+127,6	+130,1	+143	
4 -	Temperatura powierzobniowa sklepienia pieca	°c	+140	+127,8	+130	+142,9	
5.	Średnia prędkość powietrza w przekroju poprzecznym bali	m/s	C,4	0,161	0,17	• 0,435	S _₩ =0,23
6.	Prędkość powietrza nad pie- cem w płaszczyźnie pomiaro- wej: C,5 m mad elektrodami 3,0 m mad elektrodami	m/s w/s	1,12 0,64	0,254 0,147	0,24 0,12	1,04 0,52	
7.	llość ciepła oddawana przez cztery gorece wlewnice	¥Ψ	316,0	0,413	0,42	525,0	S _Q = =0,8.10 ⁻³
8.	llość ciepła oddawana przez promieniowanie i konwekcję z elektrod	kW	800,0	0,64	0,65	812	
<u>ç</u> .	lloʻ\$ ciepła oddawama przez promieniowanie i kom∘ekcję z po∧ierzobni pieca	k%	123,5	C,987	C,10	125	
10.	llość gazów wyszielajacych się z kapieli w okresie świeżenia	om ³ /h	360	0,39	0,395	360	5 _m = =1,01.10 ⁻³

trza mierzono za pomocą termopar Cu - konst i czułych termometrów rtęciowych; temperatury powierzchniowe urządzeń za pomocą termopar wbudowanych i powierzchniowych przenosnych.Rozkład prędkości powietrza mierzono za pomocą miniaturowego czujnika anemometru elektrycznego, a kierunek uwidoczniono przez dymienie 4-chlorkiem tytanu.



Rys. 8. Porównawcze zestawienie rozkładu temperatur uzyskanych w modelu i w hali stalowni w dniu 4.XII.1967 r. Numery punktćw pomiarowych oznaczono zgodnie z rys. 3.

Wyniki badań modelowych, zaprogramowanych według pomiarów w hucie w dniach 4 i 5.XII.1967 ilustruje tablica 1 i rys. 8. Okazało się, że przy starannym prowadzeniu modelu można utrzymać dokładność odwzorowań w granicach kilku procent. S. Mierzwiński, J. Piotrowski, J. Pałasz

LITERATURA

- [1] Mierzwiński S., Piotrowski J., Jedynak M.: Fizykalny model dla badania odciągu gazów z elektrycznych pieców żukowych. Zesz. Nauk. Politech. Sl. Inż.-San. 15 1970.
- [2] Baturin W., Elterman: Aeracja paromyszlennych zdanij. Gos. Izd. Lit. po Stroit. Arch. i Stroit. Mat. Moskwa 1963.
- [3] Jednierał F.P.: Elektrometałłurgia stali i ferrospławow. Wyd. Metałłurgia, Moskwa 1955.

Streszczenie

W ramach prac przygotowawczych do serii badań modelowych nad usprawnianiem okapowych ujęć gazów z elektrycznych pieców Łukowych przeprowadzono badania warunków wentylacji hali stalowni z odkrytymi piecami i podano wykresy pól temperatury i prędkości powietrza w hali. Warunki te następnie odwzorowano w fizykalnym modelu tej stalowni i uzyskano w ten sposób pogląd na dokładność pracy wykonanego modelu.

ИССЛЕДСВАНИН УСЛОВИЙ ВЕНТИЛИЦИИ СТАЛИЛИТЕЙНОГО ЗАЛА С НЕЗАКРЫТЫМИ ДУГОВЫМИ ПЕЧАМИ

Резюме

В рамках подготовительных работ к серии модельных исследований над усовершенствованием отвода газов из электрических дуговых печей при помощи колпаков выполнено исследования условий вентиляции сталилитейного зала с незакрытыми дуговыми печами. Подано диаграммы полей температуры и скорости воздуха в зале. Эти условия воссоздано в физикальной модели этого зала и получено воззрение на точность ее работы.

RESEARCH OF THE CONDITIONS OF VENTILATION IN THE HALL OF A STEEL PLANT WITH OPEN ARC FURNACES

Summary ·

In the course of preparatory works for a series of model tests concerning the correction of hood intakes of gases from electrical arc furnaces, research has been carried out of the conditions of ventilation in the hall of a steel plant with open fernaces, and diagrams have been given of the fields of temperature and of the air velocity in the hall. Those conditions have been then represented in the physical model of the steel plant, thus obtaining an idea as to the accuracy of work of the model constructed.