

Stanisław Mierzwiński, Teresa Matyja, Wacław Nawrocki

BADANIA OKAPU DLA GAZÓW ODLOTOWYCH PIECÓW NEW JERSEY

1. Wprowadzenie

Jedną z metod otrzymywania cynku o wysokim stopniu czystości jest rektyfikacja ciągła (metoda New Jersey). W metodzie tej wykorzystuje się różnice temperatur parowania cynku i znajdujących się w nim domieszek, głównie ołowiu, kadmu i żelaza. Głównym produktem procesu jest cynk czysty (99,995% czystości). Ponadto w wyniku procesu otrzymuje się cynk rafinowany, ołów cynkowy, stop cynkowo-kadmowy oraz pyły kadmowe i popioły cynkonośne.

W obrębie układu do rektyfikacji, którego głównymi elementami są kolumny rektyfikacyjne kadmu i ołowiu, podczas procesu tworzą się zanieczyszczenia w formie tzw. zgarów, które utrudniają normalny przebieg rozdziału składników cynku surowego oraz powodują wzrost strat energetycznych. Usuwanie ich z układu przeprowadza się okresowo przez przewidziane do tego otwory wyczystne. Procesowi czyszczenia towarzyszy wpływ strugi par metali, który spowodowany jest nadciśnieniem panującym w kolumnach. Otwory wyczystne są źródłami zapylenia (tablica 1), gdyż wypływająca struga par z chwilą zetknięcia się z atmosferą gwałtownie kondensuje. Wynikiem kondensacji jest duże zapylenie hali rektyfikacji tlenkami cynku, kadmu i ołowiu. Tlenki te występują w postaci drobnych pyłów kondensacyjnych.

Fizykochemiczne własności tych pyłów stanowią poważne niebezpieczeństwo dla zdrowia. Są one przyczyną zatrucia oraz powodują kadmicyę, chorobę zawodową.

Poprawę warunków mikroklimatu hali można uzyskać przez zastosowanie odciągów miejscowych, które ujmowałyby i odprowadzały aerozol powstały podczas czyszczenia. Poprawne rozwią-

zanie tego zagadnienia w oparciu tylko o obliczenia jest rzeczą bardzo trudną. W celu określenia danych doświadczalnych koniecznych dla poprawnego rozwiązania ujęcia gazów, wykonano instalację doświadczalną w jednej z hut cynku, a ponadto przeprowadzono badania modelowe.

Tablica 1

Źródła pylenia i ich parametry

Źródło pylenia	Okres czyszczenia	Czas czyszczenia [min]	Skład uchodzących gazów		Temperatura gazów [°C]
Otwory wyczystne kondensatorów kadmu	co 20 dni	5 - 15	0,5% Cd	99,5% Zn	900-910
Skrzynki nadawcze kolumn kadmu	co 3 dni	5 - 10	0,2% Cd	99,8% Zn	916
Skrzynki nadawcze kolumn ołowiu	co 2 dni	5 - 10	10-20% Cd	80-90% Zn	916
Otwory wyczystne i wzierniki pieców topliwych	co 24 h	10	0,2% Cd	99,8% Zn	700

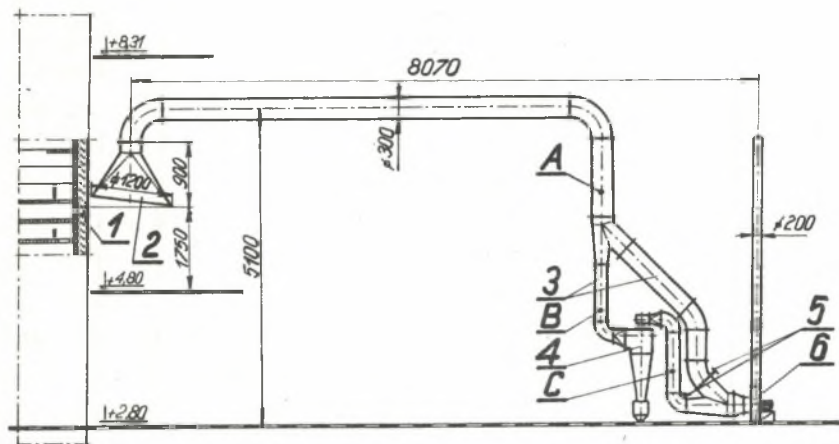
2. Badania instalacji odciągowej w hucie cynku

Pomiary prowadzone na instalacji doświadczalnej miały na celu dostarczenie następujących danych: - ilość odciąganego aerozolu konieczna dla skutecznego działania okapu, - temperatura odciąganego aerozolu, - charakterystyka pyłu.

Ponadto instalacja ta miała za zadanie dostarczenie danych porównawczych dla badań modelowych.

Schemat instalacji doświadczalnej pokazano na rys. 1. W skład instalacji wchodził: okap, cyklon, wentylator oraz ru-

rociągi i zasuwę. Okap zabudowano nad otworem wyczystnym kolumny kadmu, który w czasie czyszczenia stanowi źródło największej ilości gazów i powoduje największe zapylenie hali. W instalacji zastosowano cyklon jako najprostszy dostępny odpylacz. W trakcie badań sprawdzono jego przydatność do wychwytywania pyłów tlenku cynku.



Rys. 1. Schemat instalacji doświadczalnej

1 - otwór wyczystny, 2 - okap, 3 - rurociągi, 4 - cyklon, 5 - zasuwę, 6 - wentylator, A, B, C - punkty pomiarowe

Tablica 2

Średni skład ziarnowy pyłu tlenku cynku

Wymiar ziaren pyłu d [μm]	Przedział prędkości opadania $U_p \cdot 10^2$ [m/s]		Udział klasy ziarnowej M [%]
0-5		0,381	55,13
5-10	0,381	- 1,527	35,91
10-20	1,527	- 6,108	5,03
20-30	6,108	- 13,74	1,67
30-40	13,74	- 24,40	0,99
40-50	24,40	- 38,18	0,63
>50		>38,18	0,63

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że głównym składnikiem pyłu są tlenki cynku (ZnO) o gęstości w granicach $(5,1+5,35) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ przy dużej zawartości frakcji drobnych (ziarna $0+5 \mu\text{m}$ - 55,13%, tablica 2). Pył ten charakteryzuje się dużą zdolnością do zbijania i nietrwałą przyczepnością do metalowych ścianek przewodu.

W zakresie wydajności instalacji odciągowej uzyskane wyniki nie były konkretne. Obserwując skuteczność działania odciągu można było zorientować się co do potrzebnych zmian w kształcie wykonanego okapu jak również przewidywać, że potrzebna wydajność odciągu powinna być zwiększona o około 50%. Przeprowadzenie odpowiednich zmian w instalacji na terenie huty było połączone z dużymi trudnościami. Złożyło się na to zarówno brak wentylatora o większej wydajności, jak i znaczne koszty przebudowy instalacji i wykonanie innych wariantów okapu. Daleszą trudnością w prowadzeniu badań było okresowe i krótkotrwałe czyszczenie otworów wyczystnych. Niemniej uzyskane wyniki pozwoliły na zaprojektowanie odpowiedniego stanowiska do badań modelowych oraz przeprowadzenie na nim dalszego ciągu badań.

3. Modelowe badania okapu

Celem badań modelowych było dobranie wielkości i kształtu okapu tak, aby całkowicie ujmował wpływającą strugę oraz określenie niezbędnej ilości odciąganego powietrza.

W badaniach modelowych modelowanym zjawiskiem było zachowanie się w obrębie działania okapu strugi gorących par metali po wyjściu z otworu wyczystnego kolumny kadmu. Wpływ spowodowany jest nadciśnieniem w kolumnie, które może dochodzić do 98 N/m^2 ($10 \text{ mm H}_2\text{O}$). Wpływające pary z chwilą zetknięcia się z atmosferą hali gwałtownie kondensują.

Przyjęto, że zjawisko opisuje funkcja fizyczna

$$f(Q, \Delta Q, \rho, w, l) = 0$$

gdzie:

- ρ - gęstość wypływających par cynku, kg/m^3
- $\Delta\rho$ - różnica gęstości powietrza otaczającego kolumnę i par cynku w wypływającej strudze, kg/m^3 ,
- g - przyspieszenie ziemskie, m/s^2 ,
- w - prędkość wypływających par cynku, m/s ,
- l - charakterystyczny wymiar otworu, m ,
- ϱ - współczynnik lepkości dynamicznej par cynku, Ns/m^2 .

Przy określaniu funkcji założono że:

- struga zawiera tylko pary cynku (99,5% Zn)
- prędkość wypływu strugi można określić w przybliżeniu na podstawie znajomości ciśnienia panującego w kolumnie.

Pominięto natomiast:

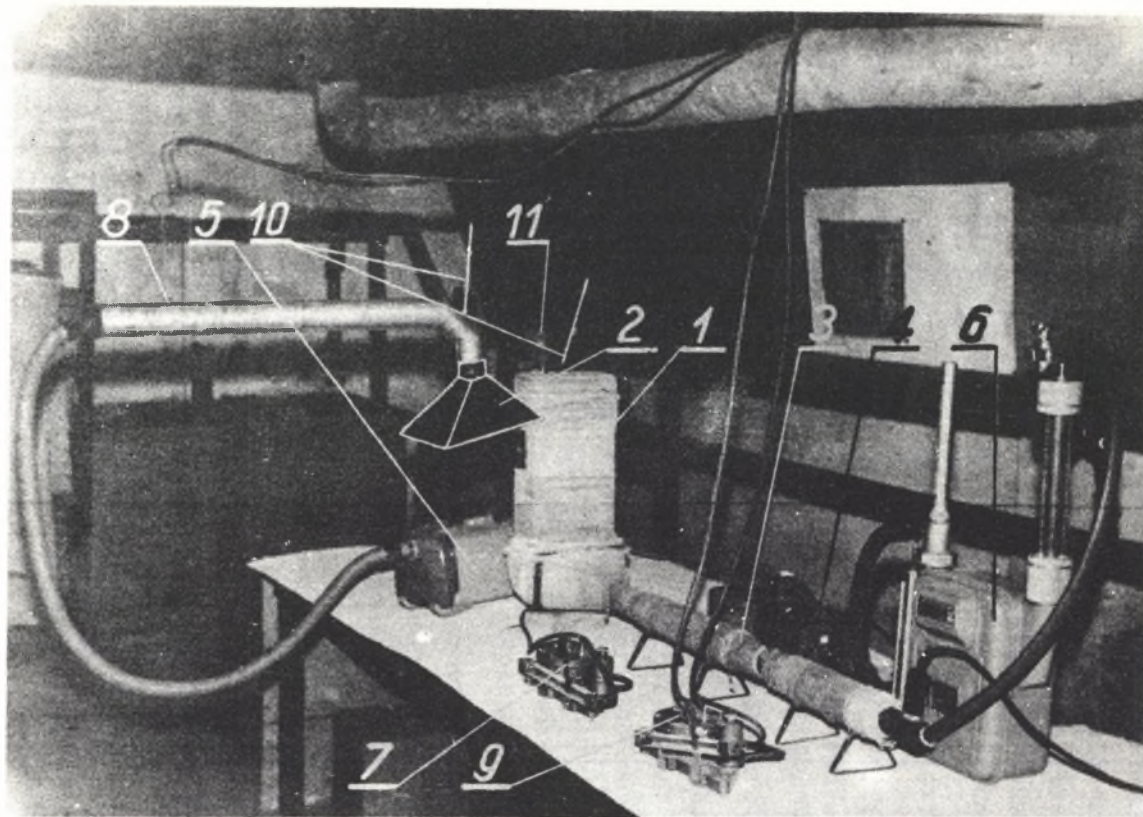
- wpływ ruchów powietrza w obrębie hali na wypływającą strugę,
- zjawisko kondensacji par cynku trudne do realizacji w warunkach laboratoryjnych, a nie mające zasadniczego wpływu na kształt wypływającej strugi,
- powstawanie dodatkowych źródeł pylenia ze zgarów wyrzucanych podczas czyszczenia na podest.

Przyjmując wielkości podstawowe: ρ , g , l oraz stosując twierdzenia analizy wymiarowej ustalono potrzebę zachowania podobieństwa geometrycznego oraz równości liczb kryterialnych Archimedesesa i Reynoldsa.

Przyjęto ponadto, że zjawisko wypływu [2, 3] w zakresie ruchu burzliwego jest zjawiskiem samodelującym, tzn. obraz wypływającej strugi nie zależy od wartości liczby Re . Dla uzyskania podobieństwa wystarczy aby w naturze i w modelu zachować warunek $Re \gg Re$ kryt.

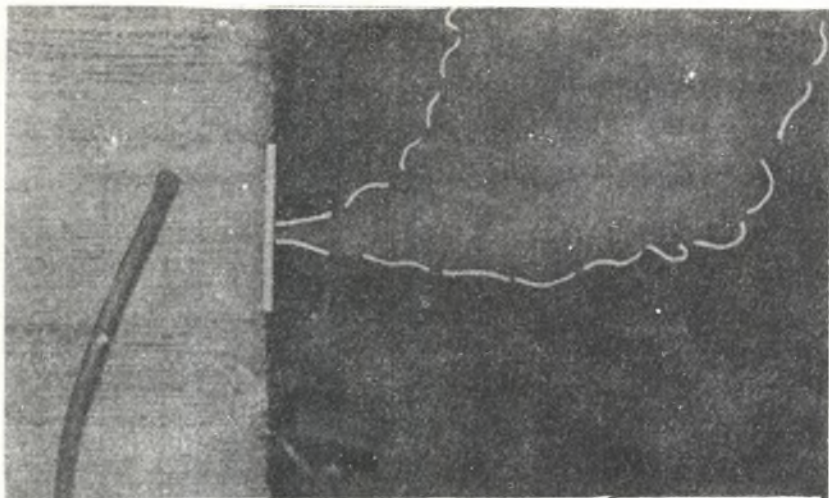
Przyjmując skale: przyspieszeń $S_g = 1$, wielkości liniowych $S_l = 0,2$ i gęstości $S_\rho = 1,056$ otrzymano następujące pozostałe skale:

- skala prędkości $S_w = \sqrt{S_g \cdot S_l} = 0,447$
- skala różnicy ciśnień $S_{\Delta p} = S_g \cdot S_l \cdot S_\rho = 0,2112$
- skala wydajności $S_v = S_l^2 \cdot S_w = 0,0179$.

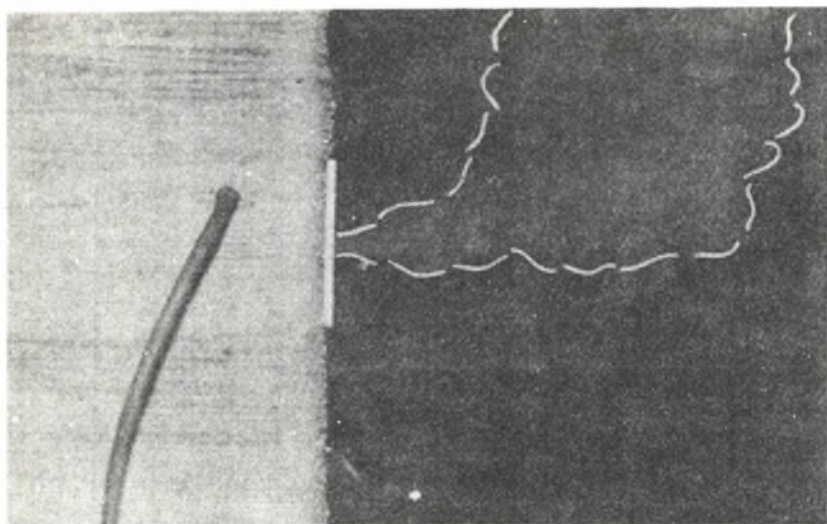


Rys. 2. Stanowisko badań modelowych

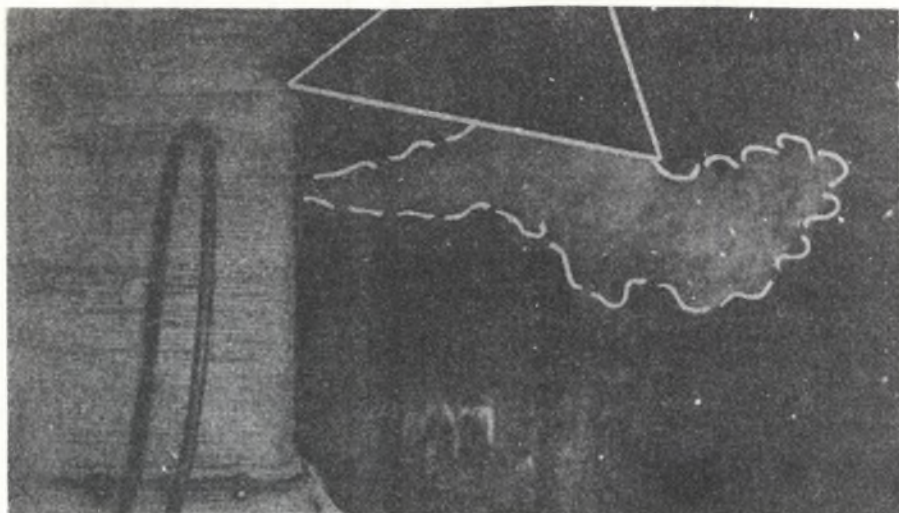
1 - model kolumny, 2 - badany okap z rurociągami, 3 - grzejniki, 4 - dmuchawa, 5 - ssawa, 6 - gazomierz z osprzętem (U - rurka, termometr, rotametr), 7 - mikromanometr do pomiaru ciśnienia statycznego w kolumnie, 8 - rurka Prandtla, 9 - mikromanometr do rurki Prandtla, 10 - termometry, 11 - doprowadzenie czynnika zabarwiającego strugę



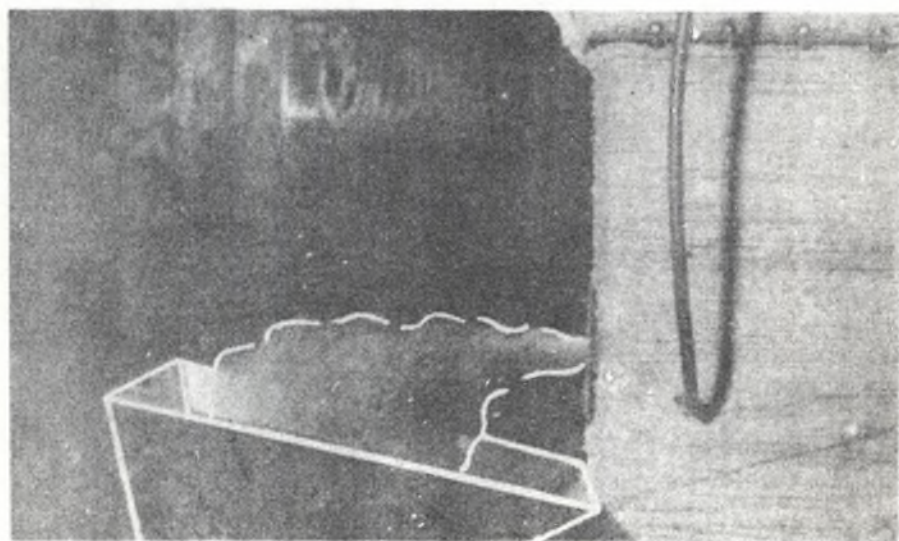
Rys. 3. Obraz strugi swobodnie wypływającej przy nadciśnieniu w kolumnie $98,1 \text{ N/m}^2$



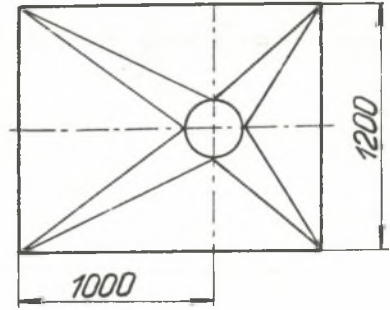
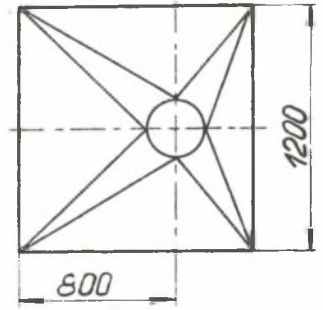
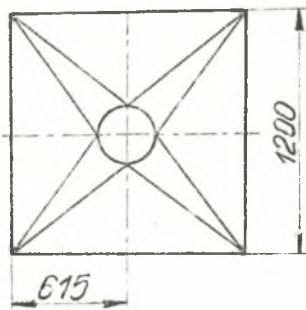
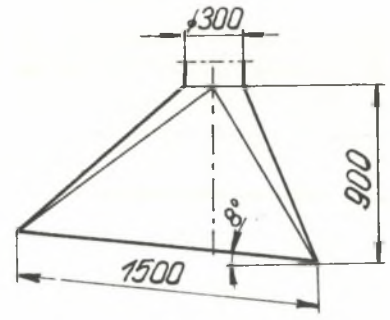
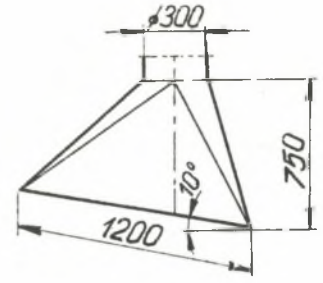
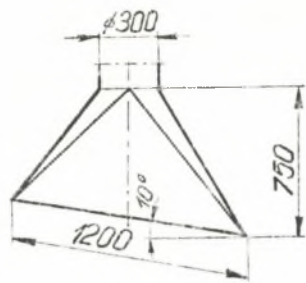
Rys. 4. Obraz strugi swobodnie wypływającej przy nadciśnieniu w kolumnie 74 N/m^2



Rys. 5. Działanie okapu nr 2 przy odsysaniu $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ i nadciśnieniu $98,1 \text{ N/m}^2$



Rys. 6. Działanie okapu nr 3 przy odsysaniu $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ i nadciśnieniu $98,1 \text{ N/m}^2$.



Nr 1

Nr 2

Nr 3

Rys. 7. Kształty i wymiary przebadanych okapów

W wyniku badań modelowych, które przeprowadzono na stanowisku (rys. 2) otrzymano szereg obrazów strug swobodnie wypływających przy różnych nadciśnieniach panujących w kolumnie oraz obrazy strug poddanych działaniu okapów o różnych kształtach i wymiarach przy różnych ilościach odciąganego powietrza. Przykłady obrazów strug bez okapu i z okapami przedstawiono na rys. 3, 4, 5, 6. Ponadto stwierdzono, że najbardziej odpowiedni kształt i wymiary spośród przebadanych okapów (rys. 7) posiada okap nr 3. Okap ten ujmuje całkowicie wypływającą strugę przy nadciśnieniu w kolumnie $98,1 \text{ N/m}^2$ przy średniej prędkości w płaszczyźnie ssania okapu wynoszącej około 1 m/s . Warto nadmienić, że okap nr 1 na rys. 7 był badany w hucie i na stanowisku modelowym.

Obserwowane w modelu obrazy strug (kształt i zasięg) swobodnie wypływających przy różnych nadciśnieniach odpowiadały obrazem analogicznych strug obserwowanym podczas czyszczenia badanego otworu wyczystnego.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania dla strumieni wypływających poziomo pozwalają stwierdzić, że dla skutecznego ich ujęcia należy:

- okap pochylić jak dalece to jest możliwe w kierunku wypływającej strugi,
- rurociąg odsysający przyłączać do okapu możliwie najbliższej miejsca gdzie os strumienia wchodzi pod okap,
- średnią prędkość w płaszczyźnie ssania okapu utrzymywać powyżej $1, 2 \text{ m/s}$.

5. LITERATURA

- [1] Chodkowski Sz. - Metalurgia metali nieżelaznych, Wyd: Górn.-Hutn. - Katowice 1962.
- [2] Müller L. - Teoria podobieństwa mechanicznego: WNT W-wa 1961.
- [3] Baturin W.W. Elterman: Aeracja promysłennych zadani: Gos. Izd. po Stroit. Arch. i Stroit. Mat. - Moskwa 1963.

S t r e s z c z e n i e

Dobór rozwiązania odciążu miejscowego dla gazów odlotowych pieców New Jersey dla rektyfikacji cynku w oparciu tylko o obliczenia jest trudny i mało dokładny. W celu uzyskania danych dla konstrukcji odciążu gazu przeprowadzono badania na instalacji doświadczalnej w jednej z hut cynku oraz uzupełniające badania modelowe. Podano ogólne zasady doboru kształtu okapów dla strug wypływających poziomo z otworów wyczystnych pieców.

ИЗУЧЕНИЕ ФОРМЫ ЗОНТА ДЛЯ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ ОТХОДЯЩИХ
ИЗ ПЕЧЕЙ НЬУ-ДЖЕРСЕЙ

Р е з ю м е

Подбор решения местного отсоса отходящих газов печей Нью-Джерсей (для ректификации цинка) опираясь только на расчете - затруднительный и мало точный. Чтобы получить данные для конструкции отсоса газов выполнено исследования в экспериментальной установке на металлургическом заводе, а затем дополнительные модельные в лаборатории. Подано общие основы подбора формы зонта для струй вытекающих горизонтально из печи.

INVESTIGATION OF THE HOOD SHAPES FOR THE EXIT GASES
FROM NEW JERSEY FURNACES

S u m m a r y

The selection of the solution of local pull-off for the exit gases from New Jersey furnaces for zinc rectification based on the calculations only is difficult and not exact enough. In order to obtain data for the construction of the gas exhaustor, investigations and complementary model tests have

been carried out on an experimental installation in one of the zinc mills. General principles are given for the selection of the shape of fume hoods for streams flowing out horizontally from the cleaning holes of the furnaces.