

Janusz PIOTROWSKI

Jan KONIECZYŃSKI

Jacek ŻELIŃSKI

Instytut Ogrzewnictwa, Wentylacji
i Ochrony Powietrza
Politechnika Śląska

BADANIA WPŁYwu KSZTAŁTU ELEKTROD ZBIORCZYCH NA POŁE PRĘDKOŚCI GAZU W ICH SĄSIEDZTWIE

Streszczenie. Celem badań była ocena wpływu kształtu wybranych elektrod zbiorczych na zjawiska ruchu gazu pod kątem możliwości zwiększenia skuteczności procesu wytrącania pyłu w elektrofiltrze.

Badania ograniczono do obserwacji przepływów dwuwymiarowych w wannie hydraulicznej, przy czym realizowane one były na modelach w pomniejszonej skali. Analizę wpływu kształtu elektrod na zjawiska aerodynamiczne przeprowadzono w oparciu o pomiary rozkładu prędkości w charakterystycznych punktach strumienia oraz wizualizację przepływu.

1. WSTĘP

Przeprowadzone badania miały na celu ocenę wpływu kształtu wybranych elektrod zbiorczych na zjawiska ruchu gazów w bezpośredniej bliskości powierzchni tych elektrod pod kątem możliwości zwiększenia skuteczności procesu wytrącania pyłu w elektrofiltrze.

Badania ze względu na studialno-poznawczy charakter ograniczono do obserwacji przepływów dwuwymiarowych w wannie hydraulicznej, przy czym realizowane one były na modelach w pomniejszonej skali [1]. Analiza wpływu kształtu elektrod na formowanie przepływu w pobliżu ich powierzchni została przeprowadzona na podstawie pomiarów rozkładu prędkości w charakterystycznych punktach strumienia oraz na podstawie wizualizacji przepływu rejestrowanej za pomocą zdjęć fotograficznych.

2. ZNACZENIE ELEKTROD ZBIORCZYCH W PRZEBIEGU PROCESU ODPYLANIA

Odpylacze elektrostatyczne, jako znane i stosowane od wielu lat, posiadają obszerną literaturę fachową, pozwalającą wnikliwie poznać ich budowę i działania [2, 3, 4].

Z punktu widzenia wytycznych projektowania omawiane tam są przede wszystkim czynniki wpływające na skuteczność odpylania od strony fizycznych podstaw elektrostatycznego odpylania gazów i parametrów pracy urządzenia, jak np.: znaczenie wymiarów pola elektrycznego i jego natężenia, wpływ obciążenia gazowego, stężenia zapylenia, wielkości cząstek ich rodzaju i własności elektrycznych oraz sposobu wstępnego przygotowania gazów. Zjawiska aerodynamiczne poruszane są marginesowo, przy czym zwraca się ogólnie uwagę na potrzebę właściwego ukształtowania powierzchni elektrod zbiorczych zarówno od strony elektrycznej, jak i aerodynamicznej.

Skuteczność działania elektrofiltru w poważnym stopniu zależy od charakterystyki elektrod zbiorczych. Zależność ta wypływa przede wszystkim z faktu, że właściwy proces osadzania pyłu zachodzi na powierzchni tych elektrod.

Jakiegokolwiek zaburzenia przepływu powstające w tej części urządzenia powodują, że strumień gazu unosi dalej pył, który nie został zatrzymany przez elektrodę. Podstawowe zadanie elektrody zbiorczej polega na gromadzeniu rozładowanego pyłu, a następnie odprowadzeniu go do zbiorników umieszczonych pod polem elektrycznym.

Odpadanie pyłu z powierzchni zbiorczej, wstrząsanej mechanizmami strzeżącymi, zachodzi na ogół w czasie równoczesnego przebiegu procesu osadzenia pyłu z przepływającego strumienia gazu. Wynika z tego szereg warunków, jakie muszą być zachowane w celu uzyskania odpowiednio wysokiej skuteczności odpylania.

Elektrody zbiorcze powinny wyróżniać się następującymi cechami [2]:

- dużą powierzchnię zbiorczą,
- strącanie pyłu powinno następować w przestrzeni osłoniętej od właściwego strumienia gazu i w przestrzeni o niskim natężeniu pola,
- w okresie opadania pył nie powinien mieć możliwości ponownego dostawania się do strumienia gazu,
- powierzchnia zbiorcza powinna być możliwie gładka i pozbawiona jakiegokolwiek ostrych krawędzi,
- powinny mieć mały ciężar, prostą budowę i wysoką sztywność nawet w wysokich temperaturach,
- dobrze powinny przenosić drgania na całą powierzchnię w okresie strzeżenia.

W praktyce istnieje wielka różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych elektrod zbiorczych. Różnice między stosowanymi elektrodami nie znajdują często uzasadnienia odnośnie do różnych właściwości lub zbierania i odprowadzania pyłu. W wielu przypadkach kształty elektrod wynikają z ograniczeń określonych istniejącym parkiem maszynowym lub stosowanymi profilami prefabrykatów. Niektóre ze stosowanych kształtów zastrzeżone zostały ograniczeniem patentowym, zgłaszanym przez firmy, które je opracowały.

W elektrofiltrach pracujących na sucho stosuje się prawie wyłącznie elektrody segmentowe, wykonane z elementów o szerokości 200-500 mm i wysokości pola elektrycznego, która zazwyczaj wynosi od 3,0 do 10,0 m. Segmenty zestawia się w rzędy powierzchni zbiorczych, dzielących w odpowiedniej podziałce komorę elektrofiltru na międzyelektrodowe przestrzenie przepływu gazu. Podział całego rzędu na kilka lub kilkanaście elementów umożliwia stosowanie indywidualnego udaru przy strzepywaniu dla każdej z elektrod, co ma istotny wpływ na skuteczność odpylania elektrofiltru.

Przy elektrodach segmentowych z gładką powierzchnią zbiorczą profile usztywniające tworzą także osłonę powierzchni zbiorczej przed działaniem głównego strumienia gazu, przepływającego przez pole elektryczne, tworząc tzw. aerodynamiczny cień dla przepływu. W przestrzeni osłoniętej pył może spokojnie opadać w dół, nie będąc narażony na ponowne porwanie. W związku z tym w zależności od budowy elektrody dopuszcza się określoną największą prędkość gazu w elektrofiltrze [2, 3].

Stosowane w elektrofiltrach prędkości przepływu gazu wahają się w granicach od 0,4 do 3,0 m/s, w zależności od rodzaju układu gazowo-pyłowego, oczekiwanej skuteczności odpylania i typu elektrod zbiorczych.

Do badań opływu elektrod przyjęto średnią prędkość przepływu wynoszącą 1,5 m/s, jako charakterystyczną dla suchych odpylaczy elektrostatycznych z płaskim układem elektrod o poziomym przepływie gazu.

Zgodnie z programem badań [1] przeprowadzono optymalizację elementów roboczych elektrofiltru sprowadzającą się do dokonania wyboru spośród przedstawionych przez PPI DUOP OPAM, czterech konstrukcji elektrod zbiorczych, rozwiązania najdogodniejszego z punktu widzenia oddziaływania ich powierzchni na zjawiska przepływu gazu w przestrzeni międzyelektrodowej.

3. ZAGADNIENIA PRZEPŁYWU GAZU W OBSZARZE ELEKTROD ZBIORCZYCH

Założenie stałej prędkości przepływu gazu przez elektrofiltr jest znacznym przybliżeniem. Praktycznie bowiem prędkość unoszenia, będąca charakterystycznym parametrem elektrofiltru, jest określona rozkładem prędkości, na który wpływa kształt elektrod, prąd elektryczny, tarcie o ściany komór itp.

Istotnym czynnikiem rzutującą na skuteczność działania urządzenia jest rozkład średnich prędkości przepływu przez poszczególne części komory elektrofiltru. Na rozkład prędkości gazu w polu elektrofiltru większy wpływ niż podział komory przez płaszczyzny elektrod wywiera ukształtowanie i wymiary przewodów doprowadzających i odprowadzających gaz do odpylacza. Na wlocie do pola elektrycznego wymagany jest już możliwie równomierny rozdział gazu, przy czym przedmiotem formowania strumienia są tu zazwyczaj przewody doprowadzające lub część wlotowa komory elektro-

filtru. Dobór sposobów wyrównania strumienia przeprowadza się drogą badań modelowych prowadzonych za pomocą czystego powietrza.

Od ukształtowania elektrod zbiorczych zależy w dużej mierze skuteczność działania elektrostatycznego urządzenia odpylającego. Prawdopodobnie pracująca elektroda zbiorcza powinna być tak ukształtowana, aby strącanie pyłu następowało w przestrzeni osłoniętej od właściwego strumienia gazu i w przestrzeni o niskim natężeniu pola elektrycznego. Ma to ścisły związek z aerodynamiką przepływu gazu wokół przeszkody, jaką stanowi elektroda.

Należy tu zwrócić uwagę, że przy naprzemianlącym usytuowaniu elektrod profilowych o wyraźnie rozwiniętych przetłoczeniach usztywniających przekrój poprzeczny ścieżki międzyelektrodowej może ulegać cyklicznym zmianom nawet w granicach 20%, co stanowi już dostatecznie duży stopień rozszerzenia się kanału i sprzyja oderwaniu się strumienia od ścianek z powstaniem ruchu powrotnego warstwy przyściennej.

Tworzące się na skutek oderwania strumienia powierzchnie rozdziału (nieciągłości) odznaczają się wielką skłonnością do powstawania na nich przypadkowych wygięć oraz narastania w jednych miejscach różnic prędkości, w innych zaś spadku. Nie zachowują one swego pierwotnego kształtu i rozpadają się na wielką ilość przeważnie nieregularnych wirów [5].

W zaburzonej przestrzeni pod powierzchnią rozdziału, w której obserwuje się skokową zmianę prędkości w kierunku poprzecznym do przepływu tworzy się strefa zastoju wypełniona w różnym stopniu wirami. W tej strefie prędkość przepływu jest znacznie mniejsza od prędkości przepływu w obzearze na zewnątrz niej. Z tego punktu widzenia należy dążyć do takiego ukształtowania przepływu w pobliżu powierzchni elektrod zbiorczych, aby strefa zastoju obejmowała jak największe obszary w bezpośrednim sąsiedztwie elektrod, na których gromadzi się zatrzymany pył.

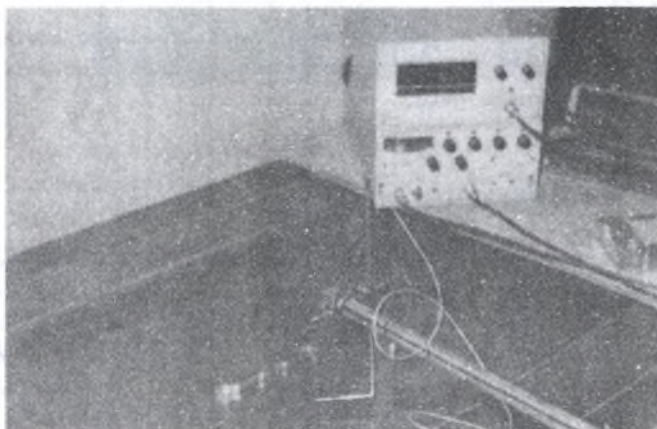
4. BADANIA MODELOWE

Do badań zgodnie z przyjętymi założeniami wybrano elektrody o rozwiązaniach konstrukcyjnych, wg dokumentacji technicznej Biura Konstrukcyjnego PPI DUOP - OPAM, oznaczając je symbolami A, B, C, D.

W przypadku przepływów płaskich korzystnie jest zastosować w modelu zamiast gazu ciecz, np.: wodę o swobodnej powierzchni. Wykorzystuje się w tym przypadku analogię zachodzącą między obydwoimi przepływami, wynikającą z analizy równań różniczkowych opisujących oba zjawiska [6]. Przepływ wody można z łatwością obserwować i fotografować. Wadą jest niemożność osiągnięcia dużych wartości liczb Re i płaski charakter przepływu. W celu zachowania podobieństwa przepływu muszą zostać spełnione warunki podobieństwa geometrycznego i mechanicznego, sprowadzające się do równości liczb Re w badanych i porównywanych przepływach.

Z uwagi na pełne wykorzystanie przestrzeni pomiarowej wanny modele elektrod wykonano w skali geometrycznego podobieństwa 1:2,5; $S_1 = 0,4$. Wysokość każdej elektrody wynosiła 180 mm, odstęp między sąsiednimi rzędami elektrod wynosił 160 mm (lub 120 mm), co odpowiada w rzeczywistości podziałce międzyelektrodowej 400 mm lub 300 mm.

Do pomiaru prędkości wody użyto termooanemometru stałotemperaturowego firmy DISA typ 55M01 z mostkiem standardowym 55M10, współpracującym z czujnikiem warstwowym stożkowym 55A87. Wzorcowanie układu zostało przeprowadzone w swobodnym zatopionym przepływie wody z dyszy. Metoda pozwoliła na uzyskanie dokładności pomiarów $\pm 0,5\%$ w zakresie prędkości 0,3-4,0 cm/s oraz $\pm 0,2\%$ w zakresie prędkości 3,0-11,0 cm/s. Ogólny widok stanowiska badawczego z wyposażeniem anemometrycznym przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Ogólny widok stanowiska (czujnik anemometru DISA 55M10 umieszczony nad powierzchnią wody)

Fig. 1. General view of the measurement stand (The sensor of the anemometer DISA 55M10 placed over the water surface)

Dla ustalonych warunków przepływu w wannie hydraulicznej średnia prędkość wody wynosiła 8,7 cm/s, co w odniesieniu do założonej prędkości gazu w komorze elektrofiltru daje skalę przeniesienia prędkości $S_w = 0,058$. Biorąc pod uwagę przyjęte do badań parametry czynników i skalę podobieństwa geometrycznego $S_1 = 0,4$ można wyznaczyć stosunek wartości liczby Re'' w modelu i Re' w komorze elektrofiltru z warunku podobieństwa mechanicznego $Re'' = Re'$:

$$S_{Re} = S_w \cdot S_1 \cdot S_w^{-1}$$

co po wstawieniu wartości liczbowych daje $S_{Re} = 0,53$, przy przeciętnych wartościach liczby $Re'' = 1,96 \cdot 10^4$ dla warunków prowadzonych badań.

Jak zatem widać, liczba Re^H w modelu wodnym jest niemal o połowę mniejsza niż przy przepływie gazu w elektrofiltrze, lecz wielokrotnie przekracza liczbę Re krytyczną.

Warunki przepływu odpowiadają zatem w pełni rozwiniętemu ruchowi burzliwemu i dla badanych przepływów zachodzi zjawisko samomodelowania [7, 8], a uzyskane wyniki będą dobrze odwzorowywać przepływy czynnika w rzeczywistości.

Na zaprezentowanym stanowisku do badań modelowych przeprowadzono pomiary i obserwacje opływów modeli elektrod zbiorczych, umieszczając badane profile w dwu rzędach w celu oceny wzajemnego wpływu oddziaływania ich powierzchni na zjawiska przepływu. Dla niektórych profili w celach porównania oddziaływania na główny strumień gazu stosowano mniejsze podziałki międzyelektrodowe oraz obserwowano opływy dla innych proporcji wymiarowych i kształtów elektrod.

Dla każdej z badanych elektrod dodatkowo zastosowano odmienne od założonego wzajemne ustawienie profili w celu uzyskania uzupełniających informacji o zjawiskach ruchu gazu.

5. WYNIKI BADAŃ MODELOWYCH

Znajdująca się na wyposażeniu Laboratorium IOWiOP wanna hydrauliczna posiada część pomiarową o długości 2500 mm i szerokości 500 mm. Prędkość przepływu oraz głębokość wody w części pomiarowej jest regulowana. W celu zapewnienia równomiernego rozkładu prędkości wody na wlocie do części pomiarowej zastosowano elementy wyrównujące strumień. Jako medium zastosowano wodę o temperaturze otoczenia. Zdjęcia wykonywano przy stałym czasie ekspozycji $t = 0,5$ s. Do wizualizacji przepływu użyto aluminowego pyłu refleksyjnego, którym posypana była powierzchnia wody. Przesuw czujnika do pomiaru prędkości realizowany za pomocą śruby pociągowej pozwalał na jego ustawienie w polu pomiarowym z dokładnością $\pm 0,5$ mm. Badania opływów omawianych elektrod prowadzono w tych samych warunkach pomiarowych.

5.1. Elektroda A

Jest to elektroda segmentowa, walcowana o profilu skrzynekowym otwartym z gładką powierzchnią zbiorczą. Wysokość przetłoczenia profilu wynosi 34 mm, a długość segmentu 510 mm. Elektrody do współpracy w komorze elektrofiltru ustawiane są równolegle.

Wizualizacja opływu omawianej elektrody została przedstawiona na rys. 2, a wyniki pomiaru rozkładu prędkości na rys. 3.

Z analizy obrazu opływu elektrody A oraz wartości średnich zmierzonych w obszarze opływu elektrody wynika, że jej kształt stwarza korzystne warunki wytrącania się pyłu jedynie w przestrzeniach osłoniętych, objętych strefą oderwania przepływu. Względne prędkości w obszarze wnętrza profilu

skrzynkowego wynoszą od 5 do 10% wartości prędkości w strumieniu głównym (7-15 cm/s w stosunku do 150 cm/s).



Rys. 2. Wizualizacja opływu elektrody zbiorczej A

Fig. 2. Visualization of the flow around the collecting electrode A

Strefa oderwania, ze względu na brak ostrych krawędzi, obejmuje przestrzeń niewiele większą od szerokości elektrody. Wielkość wirów i ich prędkość są podobne w każdym zagłębieniu skrzynki, natomiast po stronie wypukłości profilu obserwuje się prędkość o wartości zbliżonej do prędkości panującej w strumieniu nie zakłóconym.

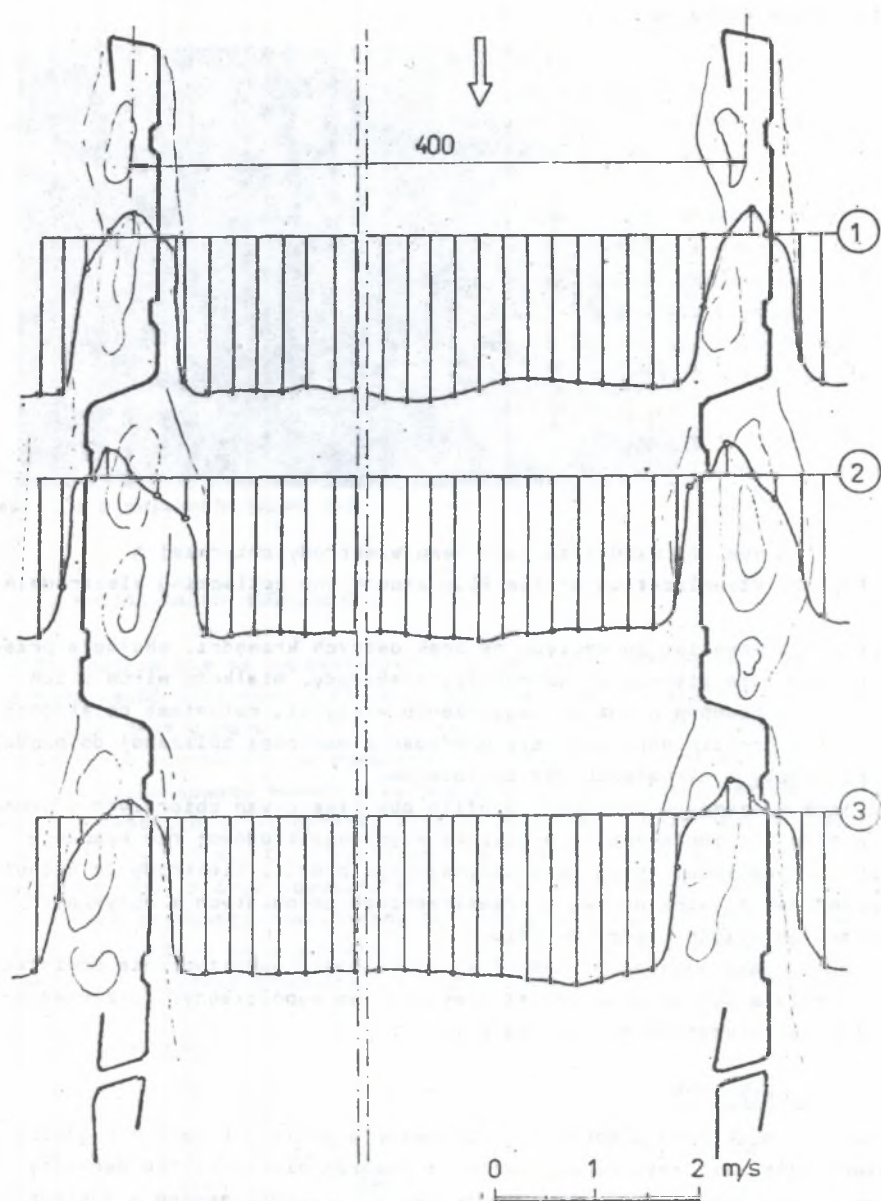
Zmiana wzajemnego położenia profilu obu płaszczyzn zbiorczych w stosunku do siebie i zmniejszenie podziałki międzyelektrodowej nie wywołuje zmian w charakterze ruchu gazu opływającego profil. Elektrody te cechuje różnorodność zjawisk opływu w przestrzeniach osłoniętych i opływanych bez zaburzeń wypukłych części profilu.

Z punktu widzenia aerodynamicznej poprawności wykorzystania powierzchni nie zaleca się stosowania tej elektrody we współczesnych urządzeniach do elektrostatycznego wytrącania pyłu.

5.2. Elektroda B

Jest to elektroda segmentowa, walcowana o profilu otwartym z gładką powierzchnią zbiorczą. Do współpracy w komorze elektrofiltru segmenty ustawione są naprzemianlegle (symetrycznie). Długość segmentu posiadającego 3 przebiegi konturu, co 150 mm, wynosi 450 mm. Głębokość przetłoczenia wynosi 30 mm.

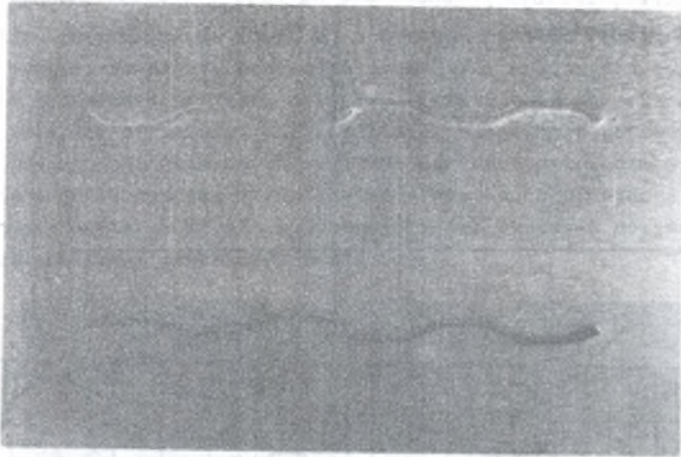
Ustawienie elektrod powoduje cykliczną zmianę odległości między ścianami ograniczającymi strumień zasadniczy o 60 mm; stanowi to 15% zmianę przekroju poprzecznego przepływu w strefach przewężonych i poszerzonych.



Rys. 3. Profile prędkości przy równoległym ustawieniu elektrod A, przy średniej prędkości przepływu $w_{\text{śr}} = 1,52$ m/s, stała czasowa anemometru $T = 3$ s

Fig. 3. Velocity profiles at parallel position of the electrodes A, at mean velocity of the flow $w_{\text{śr}} = 1,52$ m/s, the anemometer time constant $T = 3$ s

Wizualizacja opływu elektrody B została przedstawiona na rys. 4, a wyniki pomiaru rozkładu prędkości na rys. 5.



Rys. 4. Wizualizacja opływu elektrody zbiorczej B

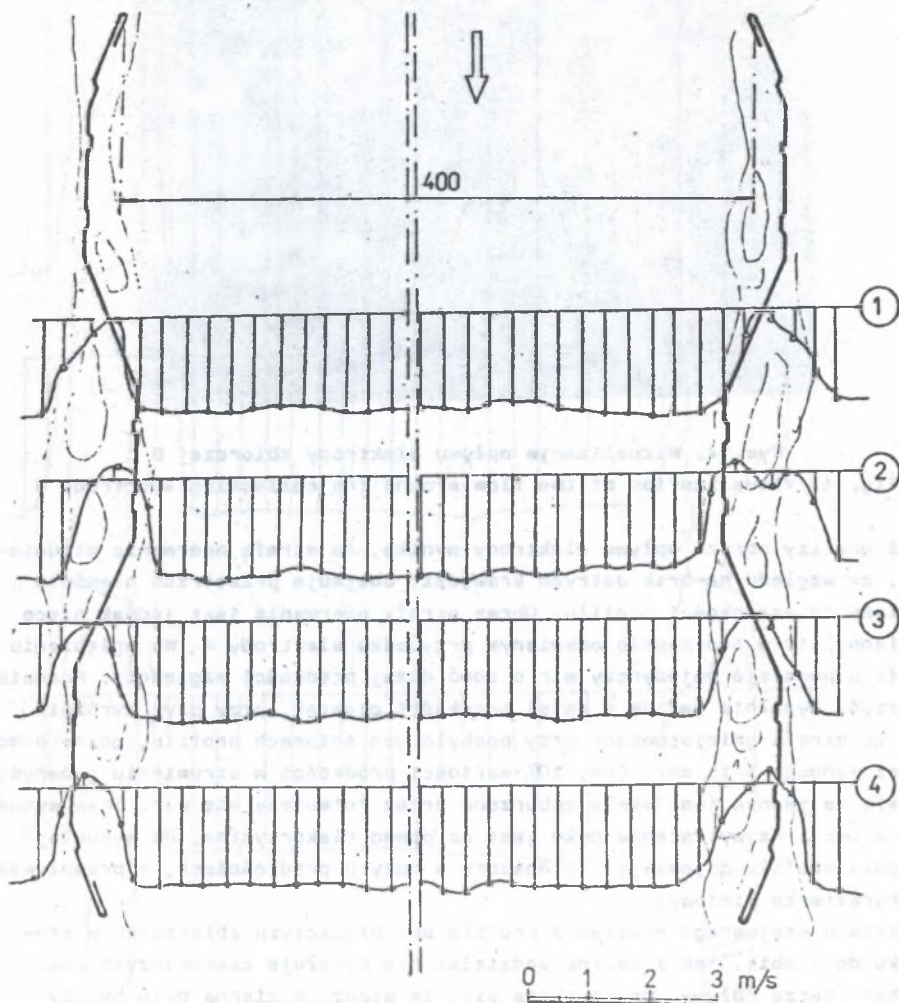
Fig. 4. Visualization of the flow around the collecting electrode B

Z analizy obrazu opływu elektrody wynika, że strefa oderwania strumienia, ze względu na brak ostrych krawędzi, obejmuje przestrzeń niewiele większą od szerokości profilu. Obraz strefy oderwania jest jednak nieco odmienny niż w poprzednio omawianym przypadku elektrody A. We wgłębieniu profilu powstaje pojedynczy wir o dość dużej prędkości względnej. Pozostałą część wypełnia medium o małej prędkości cząstek, przy czym wyróżnia się tu strefa umiejscowiona przy pochylonych ścianach profilu, gdzie prędkości wynoszą 5-15 cm/s (ok. 10% wartości prędkości w strumieniu głównym). Strefa ta jednak jest stale zaburzana przez formujący się wir. Taka sytuacja z uwagi na wytrącania pyłu jest na pewno niekorzystna. Po wypukłej stronie profilu pojawiają się obszary o dużych prędkościach, z przepływem o charakterze liniowym.

Zmiana wzajemnego położenia profilu obu płaszczyzn zbiorczych w stosunku do siebie, jak i zmiana podziałki nie wywołuje zasadniczych zmian w charakterze opływu. Przypuszcza się, że osadzone ziarna pyłu byłyby powtórnie porywane przez strumień gazowy nie tylko w okresie strzepywania, lecz również w czasie normalnej pracy elektrody, a to przez przemieszczający się wzdłuż zagłębienia profilu wir o dużej względnej prędkości ruchu.

Znaczną poprawę w wykorzystaniu powierzchni elektrody można uzyskać przez zmianę proporcji wymiarowych profilu, a mianowicie zwiększając ilość przegięć w obrębie pojedynczego segmentu, tak aby część równoległa profilu do części skośnej miała się jak 2:3 (aktualnie 1:1) oraz szerokość elektrody w stosunku do długości jak 1:4 (obecnie 1:7). Taka zmiana kształtu

wywołała pozytywny skutek, jeśli chodzi o zwiększenie przestrzeni osłoniętych od wpływu oddziaływania strumienia przepływającego gazu, bowiem oddziaływanie strefy zastoju przenosi się na części profilu poprzednio opływane z dużymi prędkościami.



Rys. 5. Profile prędkości przy symetrycznym ustawieniu elektrod B
 $w_{\text{gr}} = 1,55 \text{ m/s}$, $T = 3 \text{ s}$

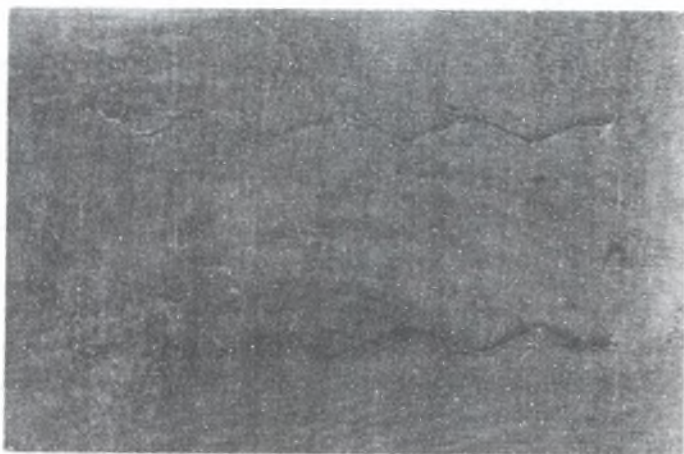
Fig. 5. Velocity profiles at symmetrical position of the electrodes B
 $w_{\text{gr}} = 1,55 \text{ m/s}$, $T = 3 \text{ s}$

5.3. Elektroda C

Jest to elektroda segmentowa, walcowana o profilu otwartym z gładką powierzchnią zbiorczą. Wysokość przetłoczenia wynosi 20 mm, a długość segmentu 510 mm. Elektrody do współpracy ustawiane są naprzemianlegle

(symetrycznie). Podobnie jak poprzednio takie ustawienie powoduje 10% zmianę przekroju poprzecznego przepływu w strefach przewężonych i poszerzonych.

Z analizy obrazu opływu (rys. 6) i wyników pomiaru rozkładu prędkości (rys. 7) wynika, że strefa oderwania strumienia obejmuje i wypełnia całą przestrzeń wgłębienia profilu, przy czym powstaje tu wir rozpadający się na coraz mniejsze struktury. Niezależnie od wzajemnego usytuowania sąsiednich powierzchni zbiorczych względne wartości prędkości w obszarze wgłębienia profilu wynoszą 5-10% wartości prędkości panującej w strumieniu głównym, przy czym strefa małych prędkości okresowo obejmuje obszar szerszy od właściwej szerokości profilu.

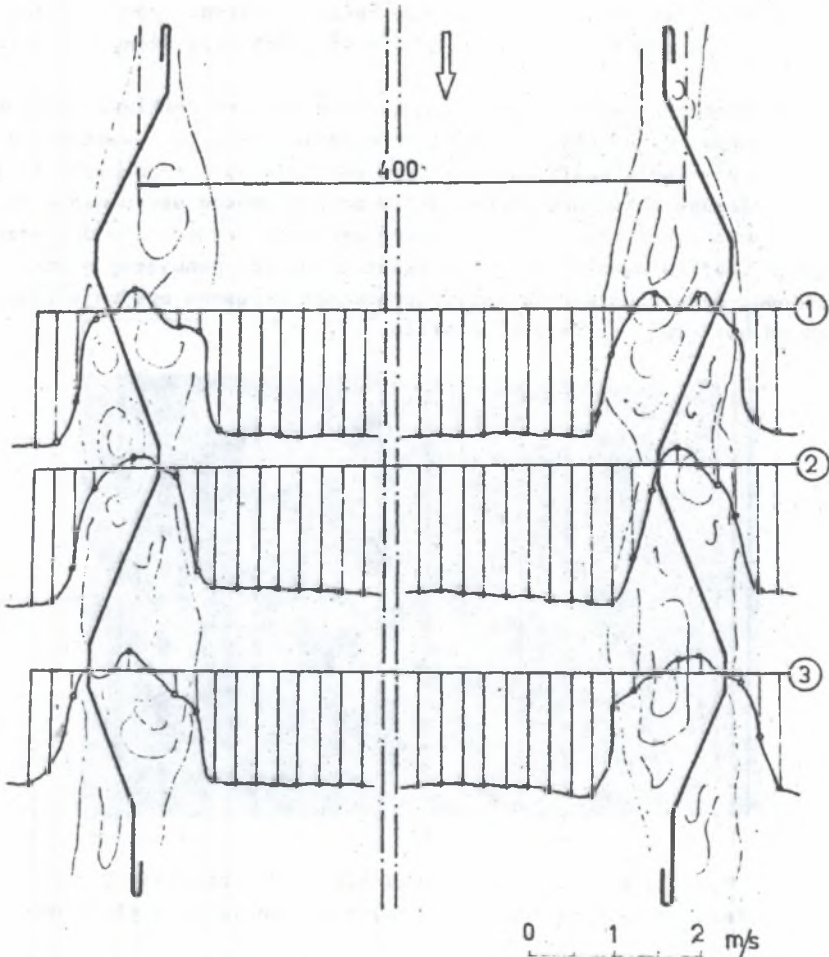


Rys. 6. Wizualizacja opływu elektrody zbiorczej C

Fig. 6. Visualization of the flow around the collective electrode C

Z obserwacji wynika, że ukształtowanie elektrody może stwarzać korzystne warunki wytrącania się pyłu na całej powierzchni zbiorczej, praktycznie osłoniętej strefą cienia aerodynamicznego, związanego z oderwaniem przepływu powstającego na wąskich równoległych elementach profilu. Stabilność strefy cienia aerodynamicznego można by poprawić przez zmniejszenie podziałki linii łamanej i proporcji wymiarowych szerokości do długości fali jak 1:3.

Spośród dotychczas przebadanych profili elektrody C charakteryzuje się najlepszym wykorzystaniem powierzchni, której dominująca część znajduje się w obszarze zastoju, osłoniętym od przepływu z dużymi prędkościami, co w praktyce powinno stwarzać warunki sprzyjające dla zatrzymywania i wytrącania się pyłu.



Rys. 7. Profile prędkości przy symetrycznym ustawieniu elektrod D
 $w_{gr} = 1,45 \text{ m/s}$, $T = 3 \text{ s}$

Fig. 7. Velocity profiles at symmetrical position of the electrodes D
 $w_{gr} = 1,45 \text{ m/s}$, $T = 3 \text{ s}$

5.4. Elektroda D

Jest to elektroda segmentowa, walcowana o profilu skrzynekowym otwartym z gładką powierzchnią zbiorczą. Elektroda ta w porównaniu do przebadanych poprzednio wyróżnia się proporcjami wymiarowymi zaniejszającymi jej smukłość. Wysokość przetłoczenia profilu wynosi tu 50 mm, a długość segmentu 322 mm, co daje ich wzajemny stosunek jak 1:6. Również kształt profilu jest tu odmienny; z poszerzeniami zarysu umiejscowionymi na początku i na końcu segmentu. Zabudowane do współpracy elektrody zbliżone są do siebie

tymi poszerzeniami, przez co jeszcze bardziej wzrosło ich oddziaływanie na zjawiska opływu towarzyszące przepływowi gazu wzdłuż powierzchni zbiorczej.



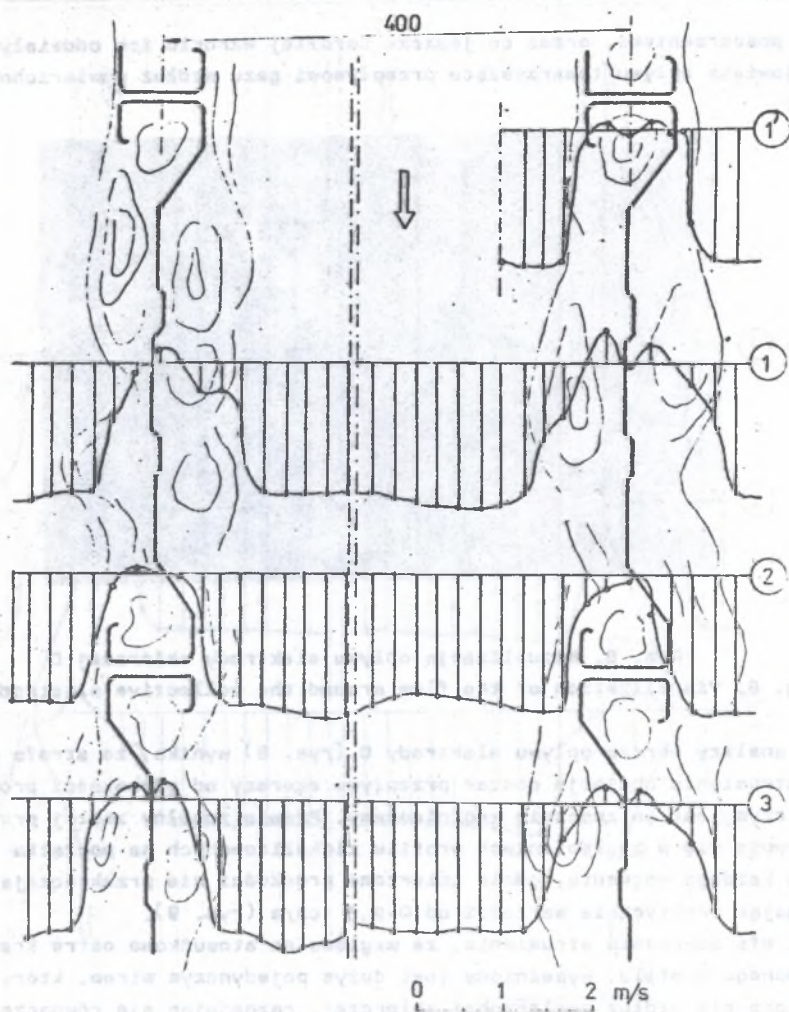
Rys. 8. Wizualizacja opływu elektrody zbiorczej D

Fig. 8. Visualization of the flow around the collective electrode D

Z analizy obrazu opływu elektrody D (rys. 8) wynika, że strefa oderwania strumienia obejmuje obszar przepływu szerszy od głębokości profilu, przy czym jest on znacznie zróżnicowany. Prawie zupełny zastój przepływu obserwuje się w zagłębieniach profilu zlokalizowanych na początku i na końcu każdego segmentu, gdzie zmierzone prędkości nie przekraczają 5 cm/s , osiągając praktycznie wartości od $0-2,5 \text{ cm/s}$ (rys. 9).

Strefa oderwania strumienia, ze względu na stosunkowo ostre krawędzie opływającego profilu, wypełniona jest dużym pojedynczym wiram, który przemieszcza się wzdłuż powierzchni zbiorczej, rozpadając się równocześnie na odrębne wiry o małych prędkościach obrotu. Wraz z cyklicznym pojawieniem się i wygasaniem wiru pierwotnego strumień zasadniczy na przemian przylega do powierzchni zbiorczej elektrody lub jest od niej odpychany.

Mimo znacznej niestabilności i niejednorodności przepływu w obrębie szerokości profilu zmierzono, że panujące tam wartości prędkości wynoszą od $10-20\%$ wartości prędkości w strumieniu głównym ($10-30 \text{ cm/s}$), a więc przepływ w tej strefie jest znacznie ograniczony, mimo deformacji jej struktury przez strumień zasadniczy. Można stwierdzić, że z punktu widzenia poprawności wykorzystanie powierzchni elektrody, mimo różnorodności charakteru ruchu gazu w przestrzeniach osłoniętych i objętych strefą oderwania przepływu, posiadających zarówno obszary o małej, jak i stosunkowo dużej prędkości, jest wystarczająco dobre.



Rys. 9. Profile prędkości przy równoległym ustawieniu elektrod D
 $w_{\text{sr}} = 1,48 \text{ m/s}$, $T = 3 \text{ s}$

Fig. 9. Velocity profiles at parallel position of the electrodes D.
 $w_{\text{sr}} = 1,48 \text{ m/s}$, $T = 3 \text{ s}$

6. PODSUMOWANIE

Przyjętą, nieskomplikowaną, jakościową metodę badań w układzie płaskim w wannie hydraulicznej zaleca się stosować wówczas, kiedy istnieje duża możliwość kombinacji zmian kształtu wybranych elementów lub duża ilość i różnorodność poddanych badaniom rozwiązań konstrukcyjnych.

Mimo wprowadzenia do badań termomanometrycznego wyposażenia pomiarowego do określania rozkładu prędkości, badania uzyskane z opływów elektrod zbiorczych w wannie hydraulicznej należy traktować jako jakościowe, ze względu na płaski charakter przepływu oraz stosowanie czystego medium, bez możliwości sprawdzenia zachowania się pyłu, który osadzając się na powierzchniach zbiorczych może prowadzić do deformacji kształtu elektrody i zmian w opływie profilu.

Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że kształt elektrody zbiorczej zalecany dla praktyki posiada elektroda falista oznaczona symbolem C oraz elektroda sigma oznaczona symbolem D, które w warunkach przemysłowych powinny zostać poddane obserwacji ich pracy i stopnia obciążenia warstwą pyłu na gazie zapyłonym i pod działaniem pola elektrycznego.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa: Temat CPBR 11.2.11/16, Aerodynamiczna optymalizacja kształtu przestrzeni roboczej w urządzeniach do oczyszczania gazów odlotowych. Etap 2, Optymalizacja kształtu elementów roboczych i doprowadzenia gazów do elektrofiltru o podziałce 400 mm, Bibl. Pol. Śl. Gliwice 1987.
- [2] Lutyński J.: Elektrostatyczne odpylanie gazów. WNT, Warszawa 1965.
- [3] White H.J.: Eustaubung industrieller Gase mit Elektrofiltern, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1969.
- [4] Anioła J., Drzymała Z.: Wybrane zagadnienia z projektowania urządzeń ochrony atmosfery. Cz. I, Podstawy teoretyczne, AGH, Kraków 1973.
- [5] Prandtl L.: Dynamika przepływów. PWN, Warszawa 1956.
- [6] Müller L.: Zastosowanie analizy wymiarowej w badaniach modeli. PWN, Warszawa 1983.
- [7] Mierziński S., i in.: Zastosowanie fizycznego modelowania w pracach nad zmniejszeniem uciążliwości źródeł pylenia. Ogrzewnictwo i Wentylacja, Nr 6, Arkady, Warszawa 1976.
- [8] Idielczik I.E.: Aerohydrodynamika technologicznych aparatów. Maszynostrojenie, Moskwa 1983.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ЭЛЕКТРОДОВ-КОЛЛЕКТОРОВ НА ПОЛЕ СКОРОСТИ ГАЗОВ В УСЛОВИЯХ ИХ БЛИЗОСТИ

Резюме

Целью исследований была оценка влияния формы электродов на явления движения газа с учетом возможности увеличения эффективности процесса выделения пыли в электрофилтре.

Исследования свелись к наблюдениям двумерных течений в гидравлической ванне; при чем они осуществлялись на моделях уменьшенного масштаба.

Анализ влияния формы электродов на аэродинамические явления был проведен с опорой на измерения распределения скоростей в характерных пунктах потока и на визуализацию течения.

TESTS OF THE EFFECT OF COLLECTING ELECTRODES SHAPES
ON THE AMBIENT GAS VELOCITY FIELD

S u m m a r y

The paper presents comparative model tests of some collecting electrodes profiles, carried out in order to choose the most suitable design in respect of aerodynamics.

The effect of the shape of the electrodes on the flow forming is analysed in a plane water model where the observations are completed with velocity distribution measurements.