

Ryszard HNATKÓW

BADANIA NAD ODDZIAŁYWANIAMI SILNYCH PÓŁ AKUSTYCZNYCH NA OŚRODKI DWUFAZOWE

Streszczenie. W artykule przedstawiono badania nad optymalizacją warunków pracy generatorów silnych pól akustycznych, stosowanych do czyszczenia powierzchni grzewczych kotłów przemysłowych z osadów i popiołów.

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF POWERFUL SOUND FIELDS ON DIPHASE MEDIA

Summary. The paper presents some research on the optimization of operating conditions of generators of powerful sound fields used for removing deposits and ashes from the heating surfaces of industrial boilers.

UNTERSUCHUNGEN DER EINWIRKUNG STARKER SCHALLFELDER AUF ZWEIPHASIGE MEDIEN

Zusammenfassung. In der Bearbeitung wurden Untersuchungen zur Optimierung der Arbeitsbedingungen von Tongeneratoren starker Schallfelder dargestellt, die zur Heizflächenreinigung der Industriekesseln von Niederschlägen und Aschen verwendet werden.

1. Wstęp

W Zakładzie Akustyki Ciała Stałego prowadzone są badania nad zastosowaniem oddziaływań silnego pola akustycznego na ośrodki dwufazowe takie jak: zawiesiny ciała stałego w powietrzu lub zawiesiny w cieczach.

Powszechnie jest już stosowane zjawisko oczyszczania powierzchni z cząstek znacznie mniejszych od aerozoli, czy odtłuszczania powierzchni metali za pomocą ultradźwięków. Do zastosowań znajdujących się ciągle w studium eksperymentów badawczych można zaliczyć oddziaływania silnych pól akustycznych na aerozole, pyły czy popioły. Silne pola akustyczne niskiej częstotliwości można stosować do usuwania pyłów z powierzchni grzewczych kotłów przemysłowych i wymienników ciepła, czyszczenia elektrofiltrów, trzepania filtrów workowych, gaszenia piany czy osuszania gazów. Akustyczna metoda usuwania osadów z powierzchni wymiany ciepła w kotłach jest bardzo konkurencyjna w porównaniu z tradycyjnymi metodami wydmuchiwania produktów spalania. Można ją stosować w czasie pracy kotła w sposób ciągły lub okresowo. Aby uzyskać efekt czyszczenia (uaktywnić osad), należy stosować dźwięk niskiej częstotliwości o poziomie natężenia przewyższającym 130 decybeli. W przypadku typowych kotłów przemysłowych wymagana jest moc akustyczna źródeł o wartości $2 \div 3$ kW. Taką moc mogą dawać tylko osiowe generatory akustyczne.

2. Osiowe generatory akustyczne

Przy projektowaniu osiowych generatorów akustycznych stawiane są najczęściej następujące cele:

- a) uzyskanie jak największej mocy akustycznej wypromieniowanej przez generator o zadanych wymiarach geometrycznych,
- b) uzyskanie jak największej sprawności energetycznej generatora.

Warunek przedstawiony w punkcie (a) może być zrealizowany tylko wtedy, gdy uzyska się możliwie jak największą gęstość energii kinetycznej strugi powietrza przepływającego z komory ciśnieniowej przez otwory wirnika generatora do statora — tuby. Natomiast warunek (b), określany najczęściej jako stosunek uzyskanej mocy akustycznej do mocy adiabatycznego rozprężenia powietrza, zależy od wielu czynników: kształtu otworów wirnika i statora, odległości pomiędzy wirnikiem a statorem, kształtu tuby, czasu otwierania otworów statora przez wirnik oraz od stosunku ciśnienia powietrza pomiędzy komorą zasilenia i otoczeniem generatora.

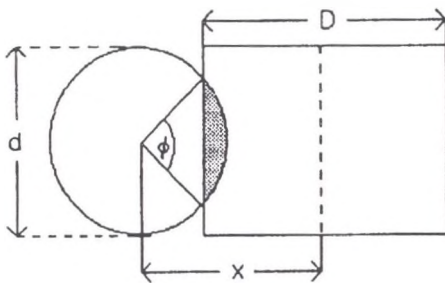
Prace eksperymentalne autora zostały skoncentrowane przede wszystkim nad optymalizacją warunków pracy generatorów różnej mocy. Autor przebadał generatory o mocach rzędu: 500 W, 2500 W i 7500 W. Stosowane nadciśnienia powietrza w komorze zasilania wynosiły od $0,35 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ do $1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Materiały badawcze pozwoliły na opracowanie nowego modelu teoretycznego, opisującego kształt impulsu wynikającego z geometrii otwierania i zamykania odpowiednich układów otworów wirnika i statora. Elementy te (wirnik i stator) oraz katenoidalna tuba stanowią istotę warunków przedstawionych w punktach (a) i (b).

3. Wpływ kształtów otworów wirnika i statora na kształt impulsu generowanej fali akustycznej

Oznaczając $S(\varphi)$ chwilową wartość pola otwarcia wynikającego z układu geometrycznego wirnika (prostokąt) i statora (koło) jak na rysunku 1, chwilową powierzchnię otwarcia (otwierania) można zapisać

$$S(\varphi) = \frac{1}{2} \frac{d^2}{4} \varphi - \frac{1}{2} \frac{d^2}{4} \sin \varphi,$$



Rys. 1. Chwilowa wartość pola otwarcia otworów wirnika i statora

Fig. 1. The instantaneous value of the opening field of rotor and stator holes

$$\cos \frac{\varphi}{2} = \frac{(x - D/2) - \nu \tau_p}{d/2} \quad \text{dla } 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad (1)$$

gdzie: $\nu \tau_p$ — opóźnienie przepływu, ν — prędkość liniowa środka otworu, τ_p — czas uzyskiwania maksymalnej prędkości przepływu powietrza w otworze o określonej średnicy

$$\tau_p = \tau_p' \left(x - \frac{D}{2} \right), \quad \nu = \frac{2\pi r f}{N} = k f, \quad (2)$$

r — promień wirnika, N — liczba otworów w wirniku, f — częstotliwość generowanej fali, τ_p^d — zależy od warunków przepływu powietrza i ciśnienia w zbiorniku generatora. Opóźnienie przepływu $\nu\tau_p$ można więc zapisać

$$\nu\tau_p = kf \left(x - \frac{D}{2} \right), \quad (3)$$

a

$$\cos \frac{\varphi}{2} = \frac{2(x - D/2)(1 - kf)}{d}, \quad (4)$$

skąd

$$\frac{\varphi}{2} = \arccos \frac{2(x - D/2)(1 - kf)}{d}. \quad (5)$$

Funkcja zamykania układu otworów jest niezależna od kf , czyli kf we wzorach (3), (4) i (5), wynosi zero. Przyjmując za $2D$ podziałkę pełnego cyklu generowanego impulsu, odpowiednie etapy impulsu można zapisać

otwieranie

$$S(x) = \frac{S_m}{\pi} \left[\arccos \frac{2(D/2 - x)(1 - kf)}{d} - \frac{2(D/2 - x)(1 - kf)}{d} \cdot \sqrt{1 - \frac{4(D/2 - x)^2(1 - kf)^2}{d^2}} \right] \leq \frac{S_m}{\pi}, \quad (6)$$

zachodzi dla

$$\frac{D - d}{2} \leq x \leq \frac{D}{2} + \frac{d}{2(1 - kf)} \leq \frac{3D - d}{2}, \quad (7)$$

zamykanie

$$S(x) = \frac{S_m}{\pi} \left[\arccos \frac{2(x - 3D/2)}{d} - \frac{2(x - 3D/2)}{d} \sqrt{1 - \frac{4(x - 3D/2)^2}{d^2}} \right], \quad (8)$$

zachodzi dla

$$\frac{3D - d}{2} \leq x \leq \frac{3D + d}{2}, \quad (9)$$

pełne otwarcie $S(x) = S_m$ zachodzi dla

$$\frac{D}{2} + \frac{d}{2(1 - kf)} \leq x \leq \frac{3D - d}{2}. \quad (10)$$

Wychodząc z powyższych równań, autor przeprowadził obliczenia komputerowe rozkładu Fouriera impulsów powstałych przy przepływie powietrza przez dowolnie wybrany

układ otworów, określony jako stosunek $\frac{D}{d}$. Wartość liczbowa pierwszej harmonicznej rozkładu Fouriera generowanej fali jest miarą sprawności warunków pracy generatora. Na podstawie uzyskanych wyników z obliczeń został zbudowany niskoczęstotliwościowy generator. Emitowana moc akustyczna generatora wynosi około 2000 W, przy częstotliwości pracy poniżej 100 Hz. Generator ten przeznaczony jest do badań nad usuwaniem osadów z powierzchni grzewczych kotłów przemysłowych.

Recenzent: Prof. dr hab. Witold Rdzanek

Wpłynęło do redakcji 29.01.1995 r.

Abstract

The paper presents a theoretical model of a generator of powerful sound fields. The instantaneous value of the opening field of the system of rotor and stator holes has been determined. The delay in airflow through the holes has been taken into account. The effect of the shape of rotor and stator holes on the form of the impulse of the generated sonic wave has been determined. On the basis of calculation, a 2000 watt low-frequency generator has been built. The generator is intended to remove deposits from the heating surfaces of industrial boilers.