



# Przemysłowe zastosowanie podmuchu stycznego do odrywania osadu w filtrach próżniowych

## The industrial use of tangential air-blow for cake removal in continuous vacuum filters

Janusz BLASCHKE <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dr inż.; Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych; Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; Akademia Górniczo-Hutnicza; Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

RECENZENCI: prof. Jiří ŠKVARLA, MSc., Csc.; prof. Dr hab. Inż Aleksander LUTYŃSKI

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wady dotychczas stosowanych metod odrywania osadu w filtrach próżniowych i na tym tle opisano, opracowaną w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, nową, oryginalną metodę odrywania placka filtracyjnego przy pomocy sprężonego powietrza, nazwaną metodą podmuchu stycznego. Przedstawiono laboratoryjne badania porównawcze dwóch metod odrywania osadu – metody tradycyjnej oraz metody podmuchu stycznego i wykazano zalety nowej metody usuwania osadu. W dalszej części artykułu przedstawiono badania przemysłowe skuteczności odrywania osadu podmuchem stycznym, przeprowadzone w dwóch zakładach przeróbki węgla. Opisano konstrukcję przystawki podmuchu stycznego, zaprojektowanej dla 6-cio tarczowego filtra próżniowego oraz przedstawiono rezultaty badań przemysłowych skuteczności odrywania placka filtracyjnego metodą tradycyjną i metodą podmuchu stycznego, prowadzonych na bardzo trudnych mulach węglowych, przy grubości placka filtracyjnego rzędu 4 mm. Na zakończenie przedstawiono wnioski wynikające z badań, wskazujące na większą o 30% skuteczność odrywania osadu przy pomocy podmuchu stycznego.

### Summary

This paper presents the deficiencies of currently applied methods of cake removal in continuous vacuum filters. On this basis a new method of cake removal using compressed air is described. This tangential air-blow method was developed in the University of Mining and Metallurgy, Poland. The paper presents laboratory tests comparing two methods of cake removal: the traditional, and the tangential air-blow, which show the advantages of the latter. Further, industrial tests of cake removal effectiveness carried out in two coal preparation plants are described in the paper. The design of a tangential air blower for a six-disc continuous vacuum filter is described, and the results of industrial tests of cake removal effectiveness in traditional and tangential air-blow methods are shown. The tests were carried out on difficult raw coal fines with cake thickness of about 4 mm. In conclusion, it is shown that the new method is 30% more effective than the traditional one.

## 1. Wprowadzenie

W zakładach przeróbki mechanicznej węgla, najczęściej spotykanymi rodzajami mulów, które podlegają procesowi filtracji są:

- surowe muły węglowe,
- koncentraty flotacyjne,
- odpady flotacyjne.

W zależności od swojej charakterystyki muły te w procesie filtracji zachowują się różnie. Do najłatwiej filtrujących się zaliczane są koncentraty flotacyjne. Surowe muły węglowe należą do mulów trudno filtrujących się, natomiast odpady flotacyjne, ze względu na znaczną zawartość części ilastych, filtrują się najtrudniej.

Również proces odrywania osadów tych mulów z powierzchni siatki filtracyjnej w znacznym stopniu uzależniony jest od ich charakterystyki. W praktyce przemysłowej największą problemem wiąże się z odrywaniem osadu surowych mulów węglowych; rozwiązanie tego zagadnienia jest najpilniejsze.

Zagadnienie odrywania placka filtracyjnego było dotychczas w literaturze na temat filtracji pomijane,

## 1. Introduction

In mechanical processing coal plants, the most commonly encountered fines processed by filtration are:

- raw coal slimes,
- flotation concentrates,
- flotation wastes.

Depending on their characteristics the fines behave differently during filtration. Flotation concentrates are considered easy to filter. Raw coal slimes are difficult to filter, and flotation wastes, due to considerable concentrations of clays, are often the most difficult.

The process of separation of the filter cake from the surface of the filtration cloth also depends significantly on its characteristics. In industrial practice most problems are encountered during the separation of filter cakes of raw coal slimes, therefore solution of this problem is considered to be crucial.

Until now, the separation of filter cake was usually ignored in the literature even though, from the point of view of efficiency, the problem is almost

mimo że problem ten jest tak samo ważny, z punktu widzenia wydajności filtrów, jak problem samej filtracji. Ważność problemu polega na tym, że przy niezupełnym oderwaniu placka zmniejsza się powierzchnia czynna elementów filtracyjnych. Odłożony i nie oderwany od tkaniny osad wraca z powrotem do koryta nadawczego filtru, zmniejszając tym samym jego wydajność.

## 2. Dotychczasowe metody odbioru osadu z filtrów tarczowych

W stosowanych obecnie metodach odrywania placka filtracyjnego od powierzchni siatki filtracyjnej wykorzystuje się nadciśnienie sprężonego powietrza doprowadzanego do wnętrza segmentów filtru, przy równoczesnym przedmuchu siatki filtracyjnej. Sprężone powietrze doprowadzane jest do wnętrza segmentów poprzez głowicę rozdzielczą przez te same przewody, które w poprzedniej fazie pracy segmentu służyły do odprowadzenia filtratu.

Można tu wyróżnić dwa sposoby prowadzenia tego procesu:

- Sposób starszy – polegający na tym, że przewód i segment napełniają się stopniowo powietrzem o ciśnieniu początkowym około  $50 \text{ kN/m}^2$ , w miarę nachodzenia odpowiedniego otworu w tarczy ślizgowej wału filtra na wgłębienie ciśnieniowe głowicy. Odrywanie placka następuje w wyniku likwidacji próżni i stosunkowo powolnego wzrostu ciśnienia pod siatką. Z chwilą, gdy ciśnienie pokona siły przyczepności placka, następuje jego oderwanie od siatki filtracyjnej przy udziale siły ciężkości;
- Sposób nowszy – nazywany przedmuchem pulsacyjnym. Przy tej metodzie przedmuch jest sterowany dodatkowym mechanizmem, zwanym pulsatorem. Mechanizm ten otwiera dopływ sprężonego powietrza do głowicy filtru w ściśle określonym momencie, a mianowicie wtedy, gdy otwór w tarczy ślizgowej wału filtra pokryje się pełnym przekrojem z wgłębieniem ciśnieniowym głowicy. Czas dopływu sprężonego powietrza jest regulowany również przez mechanizm pulsacyjny. Początkowe ciśnienie sprężonego powietrza przy podmuchu pulsacyjnym wynosi około  $100 \text{ kN/m}^2$ . Odrywanie placka filtracyjnego następuje w wyniku likwidacji próżni oraz dynamicznego działania fali sprężonego powietrza na siatkę filtracyjną i przyczepiony do niej osad.

Pierwszy z opisanych sposobów odrywania placka, który można nazwać przedmuchem ciągłym, w chwili obecnej stosowany jest jedynie w starszych, pracujących jeszcze filtrach próżniowych. Wszystkie natomiast nowo instalowane filtry przystosowane są do odbioru osadu przedmuchem pulsacyjnym. Zaniechanie pierwszego sposobu spowodowane było zbyt długim czasem przedmuchu, co

as important as filtration itself. That part of the slimes not properly separated from the surface of the fabric returns to the feed, lowering the efficiency of the filtration process.

## 2. Current methods of cake removal in continuous vacuum filters

Current methods for the separation of filtration cake from the surface of filtration cloth use air pressure, fed into the interior of the filter, with a simultaneous air-blow at the filtration cloth. Compressed air is fed to the internal segments through a manifold by the same pipes which, in the previous phase of the segment operation, served as filtrate discharge pipes.

Generally, such a process can be conducted in two ways:

- The older process, in which the pipe and the segment fill up gradually with air of initial pressure of about  $50 \text{ kN/m}^2$ , as the appropriate opening in the slide disc of the filter shaft aligns itself with the interior of the pressure head. Separation of the cake takes place as a result of the reduction of vacuum and the relatively slow increase in pressure behind the cloth. At the point when the pressure overcomes the adhesive forces holding the cake, the separation from the cloth takes place, due to gravity;
- The newer process – the so-called pulsating (or “snap”) air-blow. In this method, the air-blow is controlled by the application of an additional mechanism called a pulsator. The mechanism opens the supply of pressurized air to the filter head at the time that the opening in the slide disc of the filter shaft aligns itself with the full cross section of the interior of the pressure head. The time during which compressed air is supplied is also regulated by the pulsating mechanism. The initial pressure of the air in pulsating air-blow is about  $100 \text{ kN/m}^2$ . Separation of the filtration cake takes place as the result of the elimination of the vacuum, and the dynamic interaction of compressed air with the filtration cloth and the cake attached to it.

The first of the above methods of cake separation, which can be called continuous air-blow, is presently only used in the older, but still operational, types of vacuum filters. All newly installed filters are based on the pulsating air-blow method. The first method was abandoned because the blow time was considered to be too long, and consumed too much

powodowało zbyt duże zużycie sprężonego powietrza. Ponadto do odrywania osadu wystarczał znacznie krótszy czas działania powietrza, zaś czas ten mógł być regulowany tylko obrotami filtru, które dostosowuje się wyłącznie do warunków filtracji. Poza tym skuteczność odrywania przy tej metodzie pozostawiała wiele do życzenia.

Drugi z podanych sposobów odrywania placka filtracyjnego – przedmuch pulsacyjny – mimo że jest znacznie doskonalszy od pierwszego, również wykazuje szereg wad. Przede wszystkim w sposobie tym wymagane jest dokładne i silne napięcie siatki filtracyjnej. Stosowane obecnie na szeroką skalę siatki z tworzyw sztucznych w porównaniu z siatkami metalowymi wykazują znacznie mniejszą sztywność. Powoduje to, na skutek dynamicznego działania sprężonego powietrza, nadmierne ich naciąganie się, co w sposób ujemny wpływa na dynamiczny charakter odrywania placka oraz powoduje szybkie niszczenie siatki.

Skuteczność odrywania placka mimo zastosowania mechanizmu pulsacyjnego jest również niezadowalająca. Działanie przedmuchu byłoby w pełni skuteczne, gdyby już w pierwszym momencie powstania w segmencie nadciśnienia nastąpiło oderwanie placka na całej powierzchni elementu filtracyjnego. Często jednak, podobnie jak w poprzedniej metodzie, występuje zjawisko oderwania fragmentu placka. Tym samym zmniejsza się praktyczna wydajność filtru. Zjawisko występuje tym wyraźniej, im mniejsza jest grubość placka. Przy filtracji mułów trudnych, dla których grubość placka jest rzędu 5–6 mm, skuteczność odrywania może wynosić 65 do 85%. Obserwacje pracy przemysłowych filtrów tarczowych potwierdzają małą skuteczność odrywania placka. W niektórych przypadkach skuteczność ta wynosi 50% lub mniej.

Zastosowanie mechanizmu pulsacyjnego nie usunęło również innych wad występujących przy przedmuchu ciągłym. Doprowadzanie powietrza do wnętrza segmentu przez przewody, które uprzednio odprowadzały filtrat, powoduje porywanie z powrotem resztek wody z przewodów i wtórne zawilgacanie placka filtracyjnego. W ten sposób zawartość wilgoci w placku może się zwiększyć nawet o 2%.

Podsumowując należy stwierdzić, że do zasadniczych wad stosowanych obecnie, w próżniowych filtrach tarczowych, sposobów odbioru placka filtracyjnego należą:

- mała skuteczność odrywania placka od powierzchni siatki filtracyjnej, zwłaszcza w przypadku placków cienkich,
- zbyt duże zużycie sprężonego powietrza, wynikające z braku lub niewłaściwej konstrukcji mechanizmów pulsacyjnych,
- szybkie niszczenie siatek wykonanych z tworzyw sztucznych,
- wtórne zawilgacanie placka filtracyjnego.

compressed air. Moreover, in order to separate the precipitate, a much shorter period of air-blow was necessary. It was possible to regulate this time by varying the rotational speed of the filter, which is adjusted according to the conditions of filtration. In addition, the effectiveness of separation is questionable.

Although the second of the above methods of cake separation is considered superior to the first method, it also exhibits certain negative features. First, it requires a strong and precisely tightened filtration cloth. Widely used cloths made of synthetic fabric, compared with those made of metal, exhibit less rigidity. Because of this, such cloths stretch excessively under the dynamic action of compressed air, negatively influencing the dynamic character of cake separation and causing cloth wear.

The effectiveness of cake separation, despite the application of the pulsating mechanism, is also unsatisfactory. The effect of air-blow would be fully effective if, at the initial moment when pressure is introduced into the segment, the separation of the cake began over the entire surface of filtering element. However, as takes place in the first method, frequently an incomplete cake separation is observed. Thus, the practical efficiency or effectiveness of the filter (taken to be the ratio of surface cleared of filter cake to the total surface of the segment) becomes lower. This phenomenon is more evident when the thickness of cake is relatively low. In the case of slimes which are considered difficult to filter, and a thickness of the order 5 to 6 mm, the efficiency of separation can reach 65 to 85%. Observations of industrial disc filters corroborate the low effectiveness of cake separation. In certain cases the effectiveness is 50% or less.

The application of the pulsating mechanism did not eliminate other drawbacks encountered during continuous air-blow. When air is supplied to the interior of the segment via the same conduits which previously carried away filtrate, it causes entrapment of residual water and secondary moistening of the cake. Thus the moisture content of the cake may increase by as much as 2%.

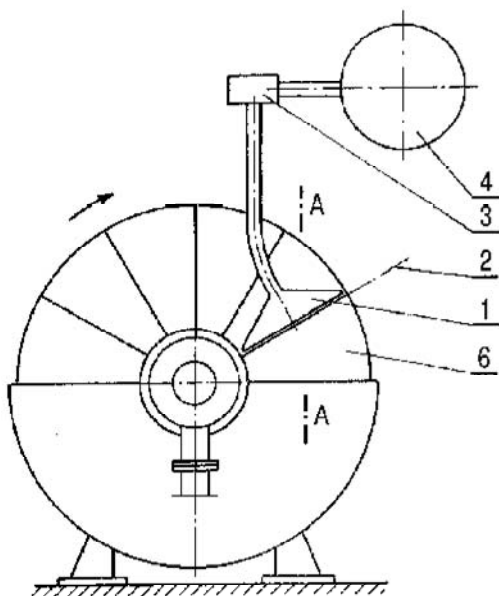
In summary, it is important to stress that the most fundamental drawbacks of cake separation in presently used filters are:

- low efficiency of cake separation from the surface of filtration cloth, especially in the case of thin cake,
- excessive consumption of compressed air resulting from a lack of, or inappropriate construction of, pulsating mechanisms,
- excessive consumption of synthetic fibre cloths,
- secondary moistening of filtration cake.

### 3. Metoda podmuchu stycznego

Od roku 1970 w Instytucie Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Automatyki AGH w Krakowie prowadzono prace nad możliwościami zastosowania do odrywania osadu filtracyjnego płaskiego strumienia sprężonego powietrza, skierowanego z zewnątrz stycznie do powierzchni siatki filtracyjnej. Prace te doprowadziły do opracowania nowej, oryginalnej metody odrywania placka filtracyjnego. Metoda ta, jak również urządzenie do jej stosowania zostały zgłoszone do Urzędu Patentowego PRL i otrzymały patent nr P-159541.

Zasada nowego sposobu odrywania placka filtracyjnego pokazana jest schematycznie na rys. 1. Polega ona na umieszczeniu po obu stronach tarczy filtracyjnej dwu dysz szczelinowych 1, których płaszczyzna jest nachylona pod ostrym kątem (około 0,087 rad) do płaszczyzny siatki filtracyjnej. Krawędzie dysz usytuowane są równoległe do linii 2 wyznaczającej położenie górnej krawędzi segmentu 6 w pozycji, w której następuje oddzielenie osadu od tkaniny. Płaski strumień sprężonego powietrza wychodzący z dyszy skierowany jest w dół pod ostrym kątem do powierzchni segmentu. Ponieważ kąt ten jest niewielki, metodę tę nazwano metodą podmuchu stycznego. Dysze połączone są poprzez mechanizm pulsacyjny 3 ze zbiornikiem sprężonego powietrza 4. Doprowadzone pod odpowiednim ciśnieniem sprężone powietrze podmuchem odrywa placek filtracyjny 5.



Rys. 1  
Zasada podmuchu stycznego

Zasadniczą częścią urządzenia do podmuchu stycznego jest dysza szczelinowa. Składa się ona z dwóch odpowiednio wyprofilowanych (mogą być również trójkątne) ścian bocznych, nachylonych do

### 3. Tangential air-blow method

Research into the possible application of a flat stream of compressed air, directed tangentially at the filtration cloth, has been conducted at the University of Mining and Metallurgy, Department of Mining Machines and Waste Utilization Equipment in Cracow, Poland since 1970. The investigations led to the development of a novel and original method of separation of filtration cake. The method, and the equipment for its application, have been patented (Polish Patent Office, patent no. P-159541).

The principle of the new method of separation of filtration cake is shown schematically in Figure 1. It is based on two slotted nozzles placed on either side of a filter disc, and tilted towards the filtration cloth at an acute angle of about 0.1 rad (approx. 6°). The edges of the nozzles are placed parallel along line 2 (Figure 1), which determines the position of the upper edge of the segment, 6, from which the separation of precipitate from the fabric takes place. A flat stream of compressed air, ejected from the nozzles, is directed downwards onto the segment at an acute angle. Since the angle is relatively small, the method was named the method of tangential air-blow. The nozzles are connected through the pulsating mechanism, 3, to the tank of compressed air, 4. Compressed air, supplied at the appropriate pressure, separates the filtration cake, 5.

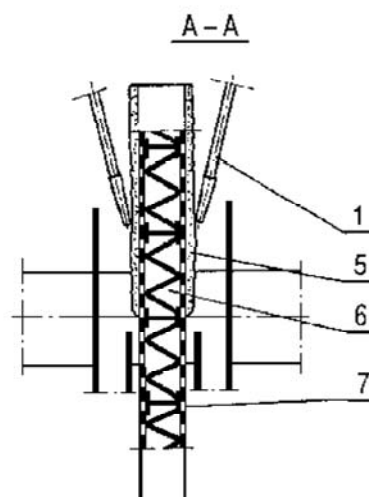


Fig. 1  
Principle of tangential air-blow

The fundamental part of the tangential air-blow mechanism is a slotted nozzle. It is composed of two appropriately shaped side walls (which also could be triangular), tilted towards each other at an angle of

siebie pod kątem 0,1 rad. Ścianki te odpowiednio połączone tworzą zamkniętą komorę, u dołu której znajduje się wąska szczelina biegnąca wzdłuż całej dolnej krawędzi dyszy. Szerokość szczeliny wynosi 0,5–0,6 mm. Do dyszy przymocowany jest króciec wlotowy. Króciec ten ma u góry przekrój kołowy, zaś w miejscu połączenia z dyszą przekrój prostokątny. Aby skuteczność działania poddmuchu stycznego była jak największa, należy krawędź wylotową dyszy (szczelinę) usytuować w niewielkiej odległości od placka filtracyjnego. Praktycznie dysze powinny się prawie ślizgać po powierzchni placka filtracyjnego.

#### 4. Ocena skuteczności działania metod odrywania placka filtracyjnego

W celu określenia skuteczności działania opisanych powyżej sposobów odrywania placka, przeprowadzono szczegółowe badania porównawcze. W badaniach wzięto pod uwagę tylko metodę przedmuchu pulsacyjnego i metodę poddmuchu stycznego. Metodę przedmuchu ciągłego pominięto ze względu na jej niedoskonałość. Badania te wykonano na specjalnie do tego celu skonstruowanym stanowisku pomiarowo-badawczym, którego wielkość odpowiadała filtrowi przemysłowemu o średnicy tarcz około 2 m.

Badania przeprowadzono na surowych mułach węglowych, węglowym koncentracie flotacyjnym oraz węglowych odpadach flotacyjnych. Użyte do badań muły (oprócz koncentratu flotacyjnego) należały do mułów trudno filtrujących się. Grubość placka była niewielka i mieściła się w granicach 4–5 mm. Użycie do badań tak trudnych mułów podyktowane było tym, że najwięcej problemów w praktyce przemysłowej wiąże się z odrywaniem tego rodzaju placków.

W trakcie badań zmieniano cały szereg parametrów, między innymi ciśnienie sprężonego powietrza w granicach 20–120 kN/m<sup>2</sup> oraz czas działania sprężonego powietrza w granicach 0,05–0,60 sekundy, a także określono optymalne parametry działania sprężonego powietrza dla obu metod. Dla przedmuchu pulsacyjnego parametry te wynoszą: ciśnienie sprężonego powietrza 100–120 kN/m<sup>2</sup> oraz czas działania przedmuchu równy 0,5 sekundy. Dla poddmuchu stycznego odpowiednio: ciśnienie 60 kN/m<sup>2</sup> i czas działania poddmuchu 0,1 sekundy.

Przed wszystkim określono jednak skuteczność działania obu metod, rozumianą jako stosunek powierzchni segmentu oczyszczonej z placka filtracyjnego do całej powierzchni segmentu, wyrażoną w procentach. Okazało się, że dla przedmuchu pulsacyjnego skuteczność przy optymalnych parametrach działania sprężonego powietrza nigdy nie była większa niż 85–90%. Natomiast przy poddmuchu stycznym w każdym przypadku bez trudu można

0.1 rad. Thus the connected walls form a closed chamber, at the bottom of which there is a thin slot, positioned along the entire edge of the nozzle. The slot is about 0.5 to 0.6 mm wide. The nozzle is connected to an inlet connector. The upper part of the connector is round, while the bottom is rectangular. In order to achieve maximum efficiency of performance of the tangential air-blow, the outlet edge (slot) of the nozzle should be placed a relatively short distance from the surface of the filtration cake. In practice, the nozzles should almost slide over the surface of the filtration cake.

#### 4. The effectiveness of cake removal methods

In order to assess the effectiveness of operation of the above method of cake separation, a detailed comparison investigation was conducted. The research comprised only two methods; the pulsating, and the tangential air-blow methods. The continuous air-blow method was omitted due to its imperfect character. Trials were conducted on a specially constructed experimental stand, which was equivalent in size to an industrial disc filter of about 2 m diameter.

The research was conducted on raw coal slimes, coal flotation concentrates and coal flotation wastes. The investigated fines, with the exception of the flotation concentrates, could be classified as difficult to filter. Cake thickness was relatively low, and was of the order of 4 to 5 mm. Investigation of slimes considered as difficult was undertaken because these slimes cause most problems in industrial practice, mainly with cake separation.

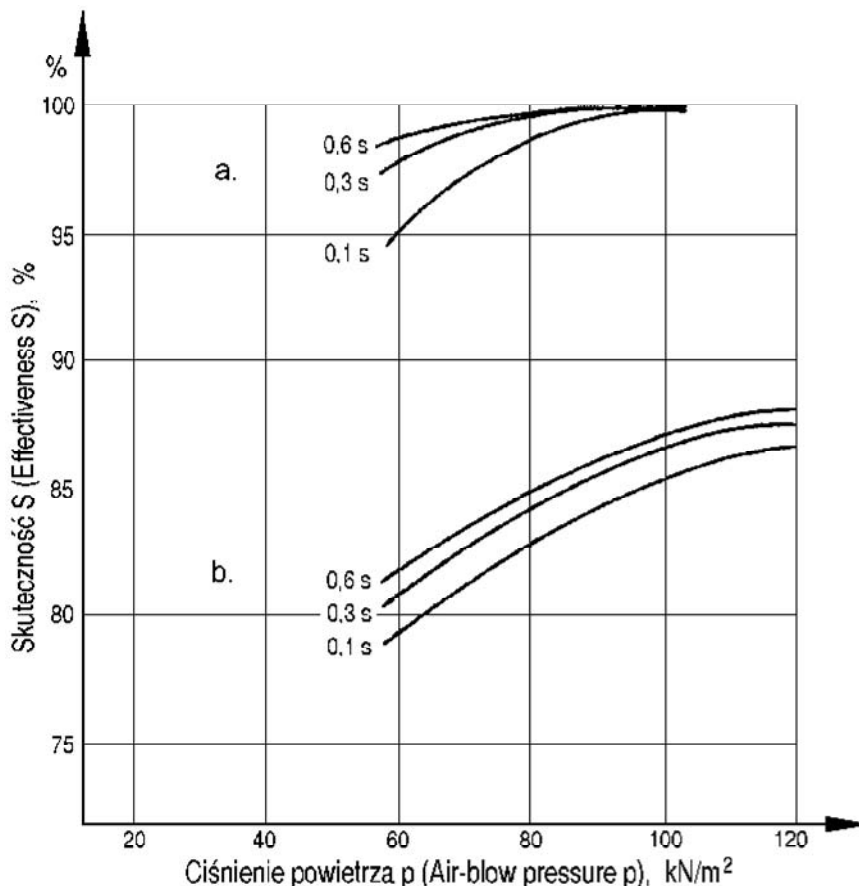
During this investigation, several parameters were studied. Among others, the pressure of compressed air was varied between 20 and 120 kN/m<sup>2</sup>. The time of compressed air application was of the order of 0.05 to 0.06 s. The optimum operating conditions for compressed air, for both methods of air-blow, were determined. For the pulsating air-blow, the parameters were pressure of compressed air, from 100 to 120 kN/m<sup>2</sup>, and the time of operation of compressed air was 0.05 s. For tangential air-blow these parameters were 60 kN/m<sup>2</sup> and 0.1 s.

Most importantly, this research determined the efficiency of both methods. It became evident that in the case of the pulsating air-blow, even at the optimal conditions of operation of compressed air, the efficiency was never greater than 85 or 90%. In the case of the tangential air-blow, at almost every condition, an efficiency of 100% was readily obtained.

Figure 2 presents examples of the relationship between effectiveness of pulsating and tangential air-blow, and air pressure for one type of raw coal

było uzyskać skuteczność zbliżoną do 100%. Zależność skuteczności działania przedmuchu pulsacyjnego i podmuchu stycznego od ciśnienia powietrza dla jednego z surowych mułów węglowych przedstawiono przykładowo na rys. 2. Jak widać z przytoczonych wykresów, podmuch styczny wyraźnie góruje skutecznością działania nad przedmuchiem pulsacyjnym.

slimes. It is evident that tangential air-blow is superior to pulsating air-blow.



Rys. 2  
Wpływ ciśnienia sprężonego powietrza na skuteczność odrywania osadu  
a – podmuch styczny, b – przedmuch pulsacyjny

Fig. 2  
The effect of air pressure on filter effectiveness  
a – tangential air-blow, b – pulsating air-blow

## 5. Badania przemysłowe

Celem sprawdzenia skuteczności działania podmuchu stycznego w warunkach przemysłowych przeprowadzono badania wstępne w kopalni „Sosnowiec” na jednej tarczy filtra FT-B6 o średnicy 3,2 m. Badania te – pomimo trudnych warunków (grubość placka wynosiła około 2 mm) – potwierdziły wysoką skuteczność działania podmuchu stycznego. Otrzymywane przy tej metodzie skuteczności wynosiły 50–60%. Natomiast pracujący równolegle filtr tego samego typu, z tradycyjnym odbiorem osadu, charakteryzował się skutecznością w granicach 0–20%.

Dalszym etapem sprawdzania skuteczności działania metody odrywania placka filtracyjnego podmuchiem stycznym, było opracowanie i wykonanie

## 5. Industrial tests

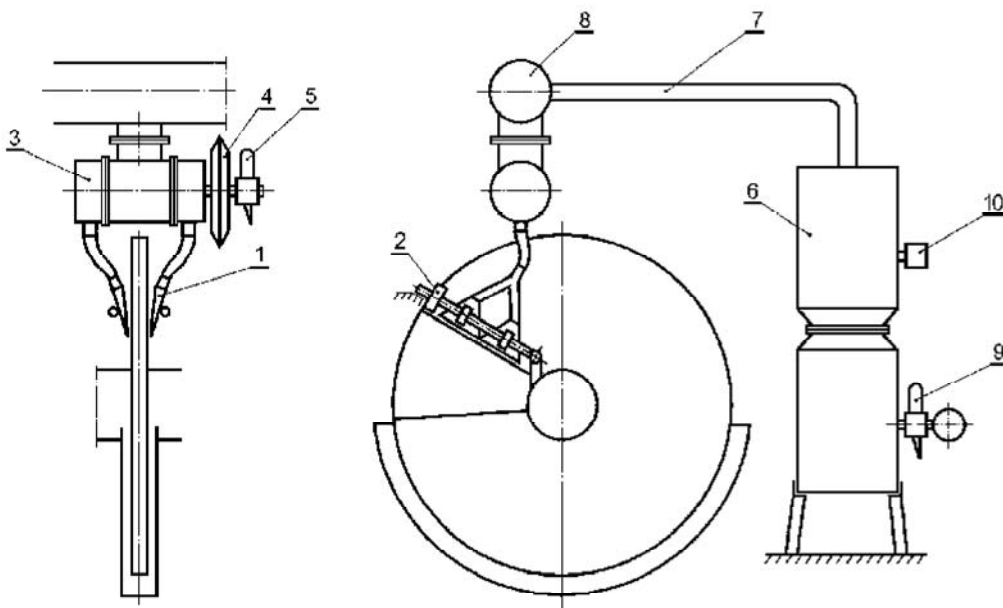
In order to verify the effectiveness of operation of tangential air-blow in industrial conditions, this method was initially tested at the “Sosnowiec” coal mine. The tests were conducted on one filter disc, FT-B6, of 3.2 m diameter. It was found that, despite difficult operating conditions (the cake was about 2 mm thick), the tangential air-blow was highly effective. The effectiveness of that method was of the order of 50 to 60%, while the parallel working filter with the traditional method of cake separation, exhibited effectiveness in the range 0 to 20%.

A further stage of verification was the design and utilization of an attachment to continuous receive precipitate from industrial disc filters. The attachment was installed on the vacuum disc filter,

przystawki do odbioru w sposób ciągły osadu z tarcz przemysłowego filtra tarczowego. Przystawka ta została zamontowana na próżniowym filtrze tarczowym FTPO-54 m<sup>2</sup>, pracującym w Zakładzie Przerobczym KWK „Siemianowice” w Siemianowicach Śląskich.

### 5.1. Opis konstrukcji przystawki

Przystawka podmuchu stycznego zaprojektowana została dla filtra 6-cio tarczowego. Każda z tarcz posiada po obu swoich stronach po jednej dyszy podmuchu stycznego 1 zamocowanej na odpowiedniej konstrukcji wsporczej 2 (rys. 3).



Rys. 3  
Przystawka podmuchu stycznego i instalacja sprężonego powietrza

Fig. 3  
The attachment of tangential air-blow and compressed air installation

Dysze podmuchu stycznego przeznaczone są do wytwarzania płaskiego strumienia sprężonego powietrza, skierowanego w dół pod niewielkim kątem (około 6°) do powierzchni segmentu wzdłuż jego górnej krawędzi. Dysza posiadała szczelinę o szerokości 0,6 mm i długości 850 mm. Z uwagi na dużą długość dyszy wykonana została ona jako podwójna, z dwóch trójkątnych dysz umieszczonych szeregowo jedna za drugą. Każda z dysz zamontowana została na konstrukcji wsporczej, której zadaniem było odpowiednie ustawienie dyszy w stosunku do segmentu tarczy filtra.

Dodatkowe prowadzenie dyszy w stosunku do tarczy filtra zapewnia krążek prowadzący. Prowadzi on dyszę w stałej odległości od segmentu tarczy. Cały zespół – dysza, konstrukcja wsporcza i krążek prowadzący – opiera się na ramie nośnej, która zamocowana jest do bocznych ścian filtra.

FTPO-54 m<sup>2</sup>, operating in the coal preparation plant at the “Siemianowice” mine in Siemianowice, Poland.

### 5.1. Design of the attachment

The attachment to the tangential air-blow nozzle was designed for a 6-disc filter (Figure 3). Each disc on its side is equipped with one tangential air-blow nozzle, 7, mounted on an appropriately constructed bracket, 2.

The tangential air-blow nozzles are designed to generate a flat stream of compressed air directed downwards at each segment, along its upper edge, at the relatively small angle of about 0.1 rad (approximately 6°). Each nozzle is 0.6 mm wide, with an 850 mm long slot. Since the nozzles are relatively long, they are made as a unit consisting of two triangular nozzles positioned side by side. Each nozzle is held by a support structure which properly fixes its position relative to the segment of filter disc.

An additional locating guide is secured by guide rollers which hold the nozzles a constant distance from the disc segment. The entire assembly, i.e. nozzles, supporting structure and guide rollers, is supported by a bearing frame which is attached to the side walls of the filter.

Compressed air is supplied to the nozzles by a pulsator, 3 (Figure 3), which opens only for the

Doprowadzenie, w odpowiednich momentach, powietrza do dysz zapewnia pulsator 3 (rys. 3), który na czas trwania poddmuchu otwiera się i dostarcza powietrze do dysz. Pulsator sterowany jest przy pomocy siłownika pneumatycznego 4 oraz elektromagnetycznego zaworu odcinającego 5. Pulsator zasila powietrzem dysze po obu stronach tarczy. Ponieważ filtr posiadał 6 tarcz, zamontowano więc 6 pulsatorów.

### 5.2. Instalacja sprężonego powietrza

Prawidłowe działanie przystawki poddmuchu stycznego zapewnione może być tylko w przypadku dostarczenia do dysz odpowiedniej ilości powietrza. Z badań laboratoryjnych i badań w kopalni „Sosnowiec” wynika, że na jedną tarczę filtra tarczowego należy dysponować zbiornikiem o pojemności  $0,5 \text{ m}^3$  i ciśnieniem wyjściowym około  $100 \text{ kN/m}^2$ . Zatem dla filtra FTPO-54  $\text{m}^2$  należałoby dysponować zbiornikiem o pojemności około  $3 \text{ m}^3$ . Z uwagi na fakt, że wspomniany filtr nie był wyposażony w zbiorniki sprężonego powietrza, zaprojektowano i wykonano odpowiednią instalację. Jako zbiorniki sprężonego powietrza zastosowano gotowe zbiorniki o pojemności  $0,3 \text{ m}^3$  każdy. Zbiorniki te połączono kołnierzami po dwa i zespół taki 6 (rys. 3), o pojemności  $0,6 \text{ m}^3$  przeznaczono do zasilania jednego pulsatora (jednej tarczy).

Każda para zbiorników połączona została rurociągiem o średnicy  $100 \text{ mm}$  7 z kolektorem 8 o średnicy  $200 \text{ mm}$ , do którego, za pomocą połączeń kołnierzowych, przymocowane są pulsatory. Zasilanie zbiorników powietrzem z sieci kopalnianej o ciśnieniu około  $400 \text{ kN/m}^2$ , odbywa się poprzez zawory elektromagnetyczne sterowane przez łączniki ciśnieniowe. Układ ten zapewniał utrzymanie w zbiornikach stałego ciśnienia rzędu  $100 \text{ kN/m}^2$ .

Pulsatory sterowane były układem krzywkowym (zamocowanym do wału filtra) oraz elektronicznego regulatora czasu. Regulator ten odmierzał dokładny czas, w którym włączony był zawór elektromagnetyczny pulsatora. Czas ten mieścił się w granicach  $0,5\text{--}0,6 \text{ sek}$ .

### 5.3. Badania przemysłowe

Aby określić skuteczność działania przystawki poddmuchu stycznego, przeprowadzono badania technologiczne, w których określono jednostkową wydajność filtracji  $[\text{kg/m}^2/\text{h}]$  dla osadu wilgotnego  $qm$  i osadu suchego  $qs$  przy:

- całkowitym oddmuchu (100% skuteczności),
- tradycyjnym przedmuchu,
- poddmuchu stycznym.

Badania przeprowadzono przy ustalonej pracy filtra z określonym sposobem odbioru osadu. Przed pobraniem próby oczyszczono dokładnie kieszenie

duration of the air-blow, and supplies air to the nozzles. The pulsator is controlled by a pneumatic motor operator, 4, and electromagnetic cut-off valve, 5. The pulsator supplies air to nozzles on both sides of the disc. Since each filter consists of six discs, six pulsators were built.

### 5.2. Installation of compressed air

Proper operation of the attachment for tangential air-blow can be guaranteed only with an adequate supply of air to the nozzles. From laboratory and industrial (“Sosnowiec” coal mine) tests it was concluded that at least one air cylinder of  $0.5 \text{ m}^3$  capacity must be installed for each filter disc, with an exit pressure of about  $100 \text{ kN/m}^2$ . Thus, for the six-disc filter FTPO-54  $\text{m}^2$ , it is necessary to employ an air cylinder of  $3 \text{ m}^3$  capacity. Since the above-mentioned filter was not equipped with any compressed air tanks, it was necessary to design and construct an appropriate installation. Ready-made containers, of  $0.3 \text{ m}^3$  capacity each, were utilized as air tanks. These individual containers were connected by flanges into pairs, and a set, 6 (Figure 3), of total capacity  $0.6 \text{ m}^3$  was employed to supply one pulsator (of disc).

Each pair of air tanks was connected by  $100 \text{ mm}$  diameter pipe, 7, and a  $200 \text{ mm}$  diameter collecting pipe, 8. The pulsators were connected to the latter with flanges. The tanks were supplied from the main compressed air system of the coal mine, which was rated at about  $400 \text{ kN/m}^2$  pressure. This was carried out by electromagnetic valves controlled by pressure connectors. The system guarantees that a constant air pressure of about  $100 \text{ kN/m}^2$  is maintained in the cylinders.

The pulsators are controlled by a set of cams (fixed to the filter shaft) and an electronic time regulator. The regulator determines the precise time during which the electromagnetic valve of the pulsator is open. This time is between  $0.5$  and  $0.6 \text{ s}$ .

### 5.3. Industrial tests

In order to determine the effectiveness of tangential air-blow, process engineering tests were conducted. These tests determined the unit efficiency of filtration  $[\text{kg/m}^2/\text{h}]$  for moist and dry precipitate,  $qm$  and  $qs$ , respectively, at:

- complete blow-out (100% effectiveness),
- conventional air-blow,
- tangential air-blow.

The tests were conducted for the given operational conditions of the filter with the determined method of removal of filter cake. Before sampling,



filtra, a następnie pobierano próbkę. Po określonej liczbie oddmuchów próbkę ważono i pobierano próbkę do określenia zawartości wilgoci. Następnie obliczano jednostkową wydajność filtracji (w kg/m<sup>2</sup>/h) przyjmując następujące dane do obliczeń:

- ilość segmentów w tarczy – 10,
- powierzchnia jednej tarczy – 9 m<sup>2</sup>,
- czas jednego obrotu tarczy – 110 sek,
- ilość obrotów filtra – 32,7 obr/h.

W badaniach pobierano próby z 2,5 segmentu przy 5 oddmuchach. Pobierano także próby nadawy celem określenia zagęszczenia zawiesiny oraz jej składu ziarnowego. Należy zaznaczyć, że po określeniu składu ziarnowego nadawy stwierdzono bardzo dużą zawartość części stałych (około 63%) w klasie ziarnowej poniżej 0,06 mm. Wyniki badań technologicznych przedstawiono w tablicy 1.

filter pockets were very carefully cleaned. Samples, taken after a given number of blow-outs, were weighed and analyzed for moisture content. Unit filtration efficiency was calculated based on the following parameters:

- number of segments in a disc = 10,
- surface area of one disc = 9 m<sup>2</sup>,
- time of one complete rotation cycle of disc = 110 s,
- rotation speed of filter = 32.7 rev/h.

Samples were taken from 2.5 segments after five blow cycles. Feed samples were also taken in order to determine the degree of concentration of suspension, and its particle composition. It must be stressed that particle analysis of the feed indicated that about 63% of the solids were sized below 0.06 mm. The results of the industrial tests are presented in Table 1.

Tablica 1  
Wyniki badań przemysłowych

Table 1  
Results of industrial tests

Nr próbki Sample No.	Masa próbki Sample mass, kg	Śr. grubość placka Avg. cake thick., mm	Zawartość wilgoci Moisture content, %	Jednostkowa wydajność filtracji Unit filter efficiency, kg/m <sup>2</sup> /h	
				qm osad wilgotny moist	qs osad suchy dry
A. 100% skuteczności A. 100% of blow-out					
1	71,5	4,0	36,2	208,0	132,7
2	68,5	4,2	35,9	199,3	127,7
3	73,5	3,9	36,4	213,8	136,0
Średnio Avg.	71,5	4,0	36,2	207,1	132,1
B. Przedmuchi tradycyjny B. Conventional air-blow					
1	34,0	4,5	36,8	98,9	62,5
2	31,5	4,0	37,1	91,6	57,6
3	30,0	3,5	36,3	87,3	55,6
4	32,5	4,0	36,0	94,5	60,5
5	30,5	3,5	36,1	88,7	56,7
Średnio Avg.	31,7	3,9	36,5	92,2	58,5
C. Podmuchi styczny C. Tangential air-blow					
1	53,0	4,0	36,4	154,1	98,1
2	55,5	4,5	37,0	161,4	101,7
3	55,0	4,5	36,1	160,0	102,2
4	51,5	3,5	36,0	149,8	95,9
5	53,5	3,5	36,4	155,6	99,0
Średnio Avg.	53,7	4,0	36,4	156,2	99,3

Całkowitą skuteczność odrywania określono w ten sposób, że mechanicznie (przez zgarnianie) zdejmowano muł, oczyszczając całkowicie powierzchnię segmentów. Przy przedmuchu tradycyjnym wydajność

Total efficiency of separation was determined by mechanical removal of fines (by scraping), and thorough cleaning of the surfaces of the segments. In the case of the traditional air-blow, the efficiency

tę określano w ten sposób, że pobierając próbę zastosowano tradycyjny przedmuch sprężonego powietrza przez głowicę filtra i wnętrze segmentu. Średnia skuteczność odrywania w tym przypadku wynosiła 44,5%.

Przy podmuchu stycznym wydajność tę określano w ten sposób, że pobierając próbę stosowano styczny podmuch sprężonego powietrza dawkując jednocześnie niewielki przedmuch sprężonego powietrza od wnętrza segmentu. Średnia skuteczność odrywania wynosiła w tym przypadku 75,4%.

## 6. Wnioski

Wykonana przystawka:

- zapewniała równoległe prowadzenie dysz w stosunku do powierzchni tarcz,
- umożliwiała regulację kąta nachylenia dyszy w stosunku do płaszczyzny tarczy,
- zapewniała regulację odległości dyszy od tarczy oraz ustawienie szczeliny dyszy równoległe do górnej krawędzi segmentu, znajdującego się w położeniu, w którym następuje oddzielenie osadu od tkaniny filtracyjnej.

Badania skuteczności odrywania prowadzone były w bardzo niekorzystnych warunkach. Grubość placka filtracyjnego była niewielka, rzędu 4 mm, zaś w nadawie na filtr przeważały ziarna ilaste (wychód klasy poniżej 0,06 mm wynosił 62,7%). Skuteczność odrywania podmuchem stycznym była większa od skuteczności odrywania sposobem tradycyjnym o około 30%.

Jak wynika z przeprowadzonych badań oraz z obserwacji, przystawka podmuchu stycznego spełnia stawiane jej wymagania, zwiększając skuteczność odrywania osadu oraz pracując bezawaryjnie w ruchu ciągłym.

was determined by sampling with the application of traditional air-blow through of the filter head and interior of the segment. The average effectiveness of separation in this case was 44.5%.

In the case of the tangential air-blow, the efficiency was determined by sampling with the application of compressed air and a simultaneous minor blow-out of air via the pressure head and the interior of the segment. The average effectiveness of separation in this case was 75.4%.

## 6. Conclusions

The constructed attachment:

- secured parallel guidance of the nozzles in relation to the surface of the disc,
- allowed for proper adjustment of the inclination angle of a nozzle in relation to the surface of the disc,
- controlled the distance between nozzles and discs, and the positioning of the nozzle slots parallel to the upper edge of each segment, where separation of precipitate from filtration fabric takes place.

Tests of efficiency of cake separation were conducted in very unfavorable conditions. Thickness of the filtration cake was relatively small; of the order of 4 mm, while the feed material was predominantly very fine (the fraction smaller than 0.06 mm amounted to 62.7%). Separation by tangential air-blow method was about 30% more effective than that by the traditional method.

Based on our research and observations, it can be said that the attachment of tangential air-blow fulfilled expectations, by increasing the efficiency of separation of precipitate by about 30%, while operating in a continuous work-cycle without defects.

## Literatura — References

1. Blaschke J.: „Wpływ parametrów działania sprężonego powietrza na skuteczność odrywania placka z tarczy filtra próżniowego”. *Praca doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, 1973.*
2. Blaschke J.: “Methods of filter cake removal in continuous vacuum filters”. *Coal Preparation, no. 15, USA, Canada, 1994.*
3. Blaschke J., Blaschke W.: “The industrial use of tangential air-blow for cake removal in continuous vacuum filters”. *XIII International Coal Preparation Congress. Brisbane, Australia. Vol. II. 1998.*