

Unikatowe rozwiązanie technologii oczyszczania gazu w Polskiej Spółce Gazownictwa

A unique solution of gas purification technology in Polska Spółka Gazownictwa

Ewa Pacześniak-Graczyk, Jacek Kawula*

Słowa kluczowe: zanieczyszczenia sieci gazowej, dwuetapowa sekwencja oczyszczania gazu, układ filtracyjny gazu ziemnego, stacja gazowa, blac powder, czarny pył

Streszczenie

Pojawienie się zanieczyszczeń w sieci dystrybucji gazu może znacząco wpłynąć na bezpieczeństwo systemu dystrybucyjnego jak i zapewnienia ciągłości dostaw paliwa gazowego do odbiorców. W artykule opisano zjawisko czarnego pyłu, tzw. „black powder”, który jest jednym z najpoważniejszych problemów stojących przed przemysłem wydobywczym ropy i gazu. Przedstawiono rozwiązanie technologii dwuetapowej sekwencji oczyszczania gazu z zanieczyszczeń stałych, cząstek cieczy z wykorzystaniem połączenia separatora odśrodkowego zanieczyszczeń, tzw. multicyklonów z filtroseparatorem oraz zastosowanie rozwiązania na sieci gazowej.

Keywords: gas network pollution, two-stage gas purification sequence, natural gas filtration system, gas station, blac powder

Abstract

The impurities in the gas distribution network may significantly affect the security of the distribution system and ensuring continuity of gas fuel supplies to consumers. The article describes the phenomenon of “black powder”, which is one of the most serious problems facing the oil and gas industry. The article presents a solution of the technology of a two-stage sequence of gas purification from solid impurities, liquid particles using a combination of a centrifugal separator of impurities, so-called multi-cyclones with a filter-separator and application this solution in the gas network.

Wstęp

Unikatowe rozwiązanie technologii dwuetapowej sekwencji oczyszczania gazu z zanieczyszczeń stałych oraz cząstek cieczy z wykorzystaniem odśrodkowych separatorów zanieczyszczeń, tzw. multicyklonów, na układzie podwyższonego średniego ciśnienia zasilającego stację gazową w Jeleniej Górze. Układ filtracyjny gazu ziemnego zaprojektowany i wykonany jako pierwsze tego typu urządzenie w Polsce, wchodzący w skład infrastruktury Polskiej Spółki Gazownictwa sp. z o.o. Oddziału Zakładu Gazowniczego we Wrocławiu.

Układ filtracyjny gazu ziemnego (E) na stacji gazowej

Jednym z elementów wyposażenia stacji gazowych są filtry, których głównym celem jest zabezpieczenie elementów stacji gazowych, takich jak reduktory ciśnienia oraz innych urządzeń, w tym odbiorników gazu u odbiorców, przed zanieczyszczeniami, m.in. pyłem z gazociągów, tzw. „black powder”, czyli czarny pył. Chronią one przed zanieczyszczeniami powstałymi na skutek erozji rur, jak również pozostałościami w gazociągach po produkcji klasycznej gazu koksowniczego, które w konsekwencji mogą spowodować niewłaściwe działanie elementów stacji, łącznie z zatrzymaniem jej pracy. Filtry należy instalować w każdej stacji gazowej niezależnie od jej rodzaju i wielkości, a w przy-

padku występowania w gazie kondensatu montuje się także, tzw. odwadniacze. Wielkość urządzenia powinna być dostosowana do przewidywanego maksymalnego strumienia objętości gazu i występujących zanieczyszczeń. Urządzenia mogą być instalowane przed ciągami redukcyjnymi w segmencie filtracyjnym lub filtracyjno-grzewczym bądź w każdym ciągu redukcyjnym. W stacjach redukcyjnych z wielostopniową redukcją ciśnienia gazu za wystarczające uznaje się zamontowanie filtrów na wejściu do stacji lub tylko w ciągach pierwszego stopnia redukcji.

Zastosowanie

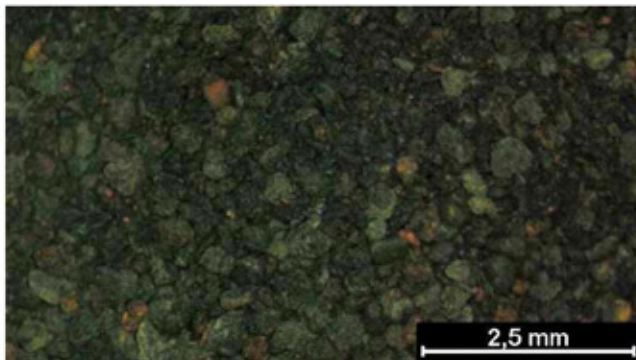
W sezonie zimowym 2020-2021, w stacji redukcyjno-pomiarowej podwyższonego średniego ciśnienia zlokalizowanej w Jeleniej Górze, wchodzącej w skład infrastruktury Polskiej Spółki Gazownictwa sp. z o.o. Oddziału Zakładu Gazowniczego we Wrocławiu, odnotowano znaczny wzrost ilości zanieczyszczeń w gazociągach zasilających obiekt. Wzrost ten, przy przepływie powyżej 7000 m³/h, powodował porywanie zanieczyszczeń w postaci pyłów z rurociągów i w konsekwencji zatykanie filtroseparatorów w tempie uniemożliwiającym bieżącą wymianę wkładów filtracyjnych. W wyniku opisanej anomalii, praca stacji odbywała się poprzez ręczny układ obejściowy, powodując konieczność utrzymywania stałej obsługi na obiekcie oraz przemieszczanie się zanieczyszczeń z gazociągów przesyłowych do sieci dystrybucyjnej. W celu

* Ewa Pacześniak-Graczyk, mgr inż., Starszy Specjalista ds. Stacji i Sieci Gazowych, Dział Stacji i Sieci Gazowych Oddział Zakład Gazowniczy we Wrocławiu Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.

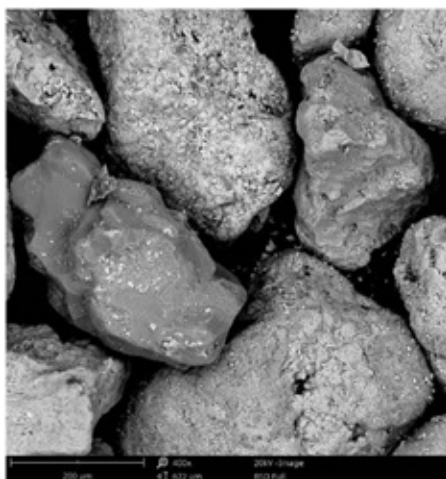
Jacek Kawula, mgr inż., Zastępca Dyrektora ds. Technicznych Oddziału Zakładu Gazowniczego we Wrocławiu Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.

zdiagnozowania przyczyn powstania nieprawidłowości oraz ich wyeliminowania powołano zespół, w skład którego weszli wykwalifikowani pracownicy wrocławskiego Oddziału pionu technicznego Grzegorz Stanuch, Sebastian Golec oraz projektant Mariusz Kryg, pracownik firmy cGAS controls Sp. z o.o., której Prezesem Zarządu jest Robert Aszkielowicz. Firma zaprojektowała i wykonała układ filtracyjny. Zespół pracował pod przewodnictwem Jacka Kawuli – Zastępcy Dyrektora ds. Technicznych OZG we Wrocławiu. Po przeprowadzonych analizach, obliczeniach oraz konsultacjach z wyspecjalizowanymi firmami, w tym dodatkowo po dokonaniu badań na próbkach pyłu w laboratorium Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, w rezultacie ustalono, że powstały osad składa się głównie z żelaza i siarki, przy czym udział pierwiastków jest różny w poszczególnych drobinach osadów. Natomiast analiza masowego udziału fazy magnetycznej wykazała, że ok. 97% drobin stanowi materiał ferromagnetyczny. Przyczyn powstania pyłów należy doszukiwać się w postępującej korozji elementów stalowych rurociągów oraz stosowania w przeszłości gazu koksowniczego w sieciach dystrybucyjnych. Surowy gaz koksowniczy zawierał amoniak i jego pochodne oraz siarkowodor pochodzące z rozkładu organicznych resztek zawartych w węglu. Stosowany był powszechnie od drugiej połowy XIX wieku do lat 90. XX wieku. Ze względu na dużą toksyczność (zawierał niebezpieczny dla zdrowia i życia tlenek węgla-CO) został wycofany z użycia i zastąpiony gazem ziemnym. W wyniku wieloletniej eksploatacji sieci gazowych okazało się, że mimo oczyszczania gazu miejskiego niepożądane domieszki trafiały do sieci dystrybucyjnej i doprowadzały do jej zanieczyszczenia. Obecnie trwająca rozbudowa sieci gazowych, związana z wykorzystaniem ich pełnej technicznej przepustowości, powoduje wzrost prędkości przepływu gazu w sieci, co ułatwia przemieszczanie się zanieczyszczeń. Właściwości ferromagnetyczne nagromadzonego pyłu stały się

przyczynkiem do podjęcia przez zespół analizy zjawiska, tzw. „black powder” (obecnie jeden z najpoważniejszych problemów stojących przed przemysłem wydobywczym ropy i gazu). Czarny proszek jest substancją żrącą powstałą w wyniku reakcji wody, dwutlenku węgla i związków zawierających siarkę ze stałą. Związek ten jest powszechnie występującym efektem ubocznym transportu ropy i gazu rurociągami stalowymi. Pył zazwyczaj składa się z drobnych zanieczyszczeń (1-10 mikronów), które można łatwo rozproszyć w sieci rurociągów, powodując uszkodzenia. Poza niszczeniem infrastruktury stanowi również poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa, ponieważ jest łatwopalny. Stopniowe osadzanie się czarnego pyłu doprowadza do zwężenia średnicy rurociągu, uszkodzenia urządzeń, zmniejszenia ciśnienia i przepływu, co w konsekwencji zmniejsza wydajność procesu oraz powoduje konieczność kosztownej konserwacji i przestojów. Fizyczne właściwości sprawiają, że jest on twardszy niż materiał stalowy używany do produkcji rurociągów i innych urządzeń stosowanych w przemyśle naftowym i gazowym, oznacza to, że jego obecność przyspiesza tempo degradacji infrastruktury gazowej. Po analizie różnych dostępnych naukowych technik i opracowań z zakresu istniejących metod usuwania „black powder” oraz w związku z koniecznością wyeliminowania niebezpieczeństwa przedostawania się pyłów do sieci dystrybucyjnej, jak i zapewnienia ciągłości dostaw paliwa gazowego w kolejnych sezonach zimowych, zespół podjął decyzję związaną z modernizacją istniejącego układu filtracyjnego. Zlikwidowano układ filtracyjny na wejściu do stacji redukcyjno-pomiarowej oraz zastąpiono go nowym rozwiązaniem polegającym na zamontowaniu multicyklonu i fitroseparatora o przepustowości nominalnej do $Q = 13\ 600\ \text{m}^3/\text{h}$. To unikatowe rozwiązanie polega na technologii dwuetapowej sekwencji oczyszczania gazu z zanieczyszczeń stałych oraz cząstek cieczy w gazociągu podwyższonego średniego ciśnienia DN300, zasilającego stację gazową zaprojektowane i wykonane jako pierwsze tego typu urządzenie w Polsce. Połączenie separatora odśrodkowego z fitroseparatorem wyodrębnia zanieczyszczenia z rurociągu. Wstępna separacja cząstek stałych i cząsteczek cieczy odbywa się w multicyklonie. Kolejne dokładniejsze oczyszczenie prowadzone jest we wkładach filtracyjnych fitroseparatora. Zaprojektowany układ został przystosowany do montażu na istniejących przyłączach kołnierzowych. Wdrożenie indywidualnego podejścia umożliwiło adaptację nowego rozwiązania do istniejącej infrastruktury.



Rys. 1 Makrostruktura osadów – mikroskopia świetlna
Fig.1. Sediment macrostructure – light microscopy

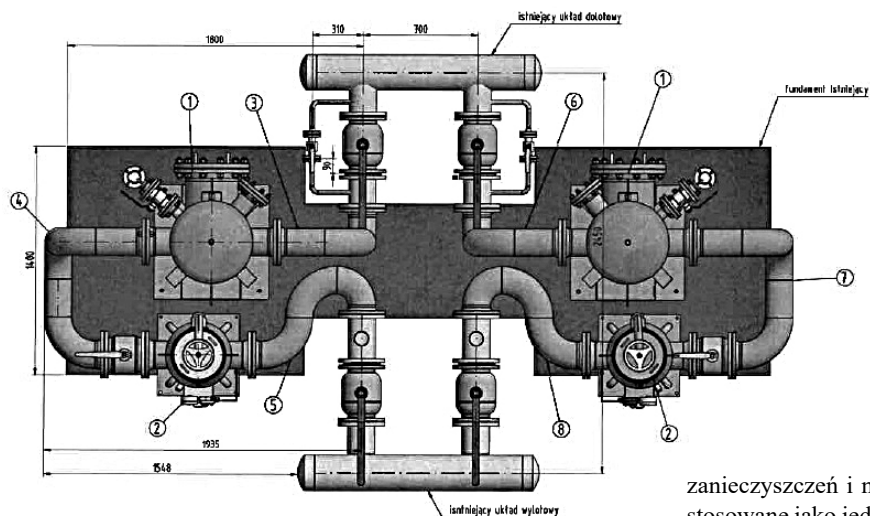


Rys. 2 Morfologia osadu – skaningowa mikroskopia elektronowa.
Fig. 2. Sediment morphology by scanning electron microscopy

Schemat budowy urządzenia

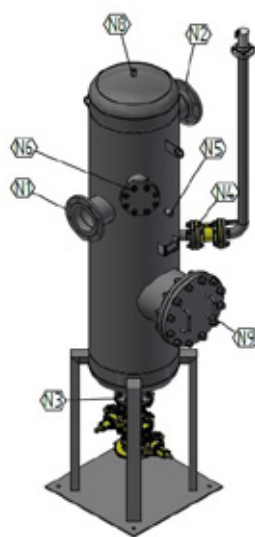
Układ filtracyjny gazu ziemnego na wejściu do stacji gazowej składa się ze zbiorników ciśnieniowych, tj. separatorów zanieczyszczeń odśrodkowych (multicyklonów) i fitroseparatorów gazu z wkładami filtracyjnymi typ GD3W3.

Multicyklon i fitroseparator gazu to zbiorniki technologiczne przeznaczone do usuwania cząstek zanieczyszczeń stałych i ciekłych (kurzu, pyłu, piasku, itp.) ze strumienia gazu, zbudowane jako konstrukcje stalowe, spawane. Multicyklon wyposażony jest w odśrodkowe cyklony, natomiast fitroseparator we wkład filtracyjny oraz cyklon. Gaz doprowadzany jest do komory wlotowej przez króciec wlotowy (N1), skąd przelatując przez konstrukcję poszczególnych urządzeń, których zadaniem jest usunięcie zanieczyszczeń zawartych w strumieniu gazu. Oczyszczony gaz wylatuje ze zbiornika przez króciec wylotowy (N2). Opróżnianie urządzeń z zanieczyszczeń odbywa się poprzez otwarcie zasuw znajdującej się na krócu drenażowym (N3). Ponadto zbiorniki wyposażone są w króciec: wydmuchu, podłączenia przyrządów pomiarowych oraz właz rewizyjny. Kontrola dopuszczalnych zanieczyszczeń multicyklonu odbywa się przez obserwację wskazań manometru różnicowego, zamontowanego na multicyklonie oraz poprzez zainstalowany czujnik kamertonowy, do którego układ

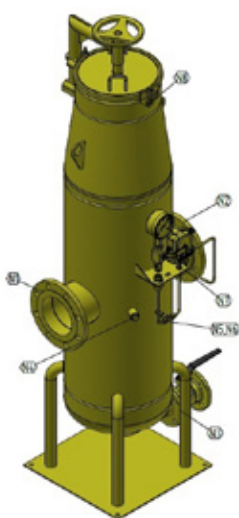


Lp.	Nazwa	Sztuk
1	Multicyklon	2
2	Filtroseparator	2
3	Przewód 1 DN150	1
4	Przewód 2 DN150	1
5	Przewód 3 DN150	1
6	Przewód 4 DN150	1
7	Przewód 5 DN150	1
8	Przewód 6 DN150	1
9	Kurek kulowy DN 150	2
10	Wanna	2

Rys. 3. Rzut układu filtracyjnego gazu.
Fig.3. Projection of the gas filtration system



Rys. 4. Multicyklon MCY-016-150.
Fig. 4. MCY-016-150 multicyclone



Rys. 5. Filtroseparator SRP-JEL-GOR-00
Fig.5. SRP-JEL-GOR-00 filter separator

jest przystosowany ze zdalnym powiadomianiem poziomu napełnienia. Warto zwrócić uwagę, że króciec N6 DN100 w multicyklonie został zaprojektowany z myślą o podłączeniu dodatkowego urządzenia oczyszczającego wykorzystującego filtr magnetyczny czy elektromagnetyczny, który dzięki swojej konstrukcji przyciąga cząstki o właściwościach ferromagnetycznych. Filtr magnetyczny (elektromagnetyczny) znalazł zastosowanie w różnych branżach, takich jak przemysł spożywczy, chemiczny, paliwowy i wielu innych. W przemyśle spożywczym urządzenia są wykorzystywane do usuwania drobin metali z produktów spożywczych, takich jak czekolada, mąka, cukier czy mleko. W przypadku filtrów magnetycznych stosowanych do usuwania czarnego pyłu o właściwościach ferromagnetycznych, urządzenia te muszą być odpowiednio dostosowane do rodzaju i ilości pyłu, które mają usuwać. Filtry mogą być instalowane na różnych etapach procesów przemysłowych, w zależności od potrzeb. Jednym z zastosowań filtrów magnetycznych w przemyśle wydobywczym ropy i gazu jest usuwanie cząstek ferromagnetycznych z cieczy wydobywczej. Filtry te pomagają zabezpieczyć infrastrukturę przed uszkodzeniami i zapewniają niezawodną pracę maszyn i urządzeń. Należy jednak pamiętać, że filtry magnetyczne nie są w stanie usunąć wszystkich rodzajów

zanieczyszczeń i nie powinny być stosowane jako jedyny sposób usuwania zanieczyszczeń.

Eksplatacja

W ramach prowadzonych prac w Dziale Stacji i Sieci Gazowych OZG we Wrocławiu PSG, przeszkoleni pracownicy cyklicznie sprawdzają urządzenie, opróżniają je i oczyszczają oraz wymieniają wkłady filtrów. Praca układu filtracyjnego w celach badawczych jest w sposób ciągły szczegółowo monitorowana, parametry są archiwizowane w specjalnie przygotowanym arkuszu, zebrane pyły są analizowane, ważone i porównywane z aktualnymi parametrami pracy sieci gazowej dla poszerzania wiedzy w opisywanym zakresie. Od czasu zamontowania układu filtracyjnego na stacji redukcyjno-



Rys. 6. Pył zbierany przez multicyklon
Fig. 6. Dust collected by multicyclone



Rys. 7. Prace eksploatacyjne na terenie stacji redukcyjno-pomiarowej zlokalizowanej w Jeleniej Górze.

Fig. 7. Operational works at the reduction and measurement station located in Jelenia Góra.

-pomiarowej w Jeleniej Górze nie odnotowano zaburzeń w pracy sieci dystrybucyjnej na zasilanych odcinkach. ■

LITERATURA

- [1] Bąkowski K., *Sieci i instalacje gazowe*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [2] Standard techniczny ST-IGG-1501:2015, *Filtry do stosowania na sieciach gazowych*, Izba Gospodarcza Gazownictwa, Warszawa 2015.
- [3] CGAS CONTROLS SP. Z O.O., *Instrukcja obsługi/eksploatacji zbiornika*, nr dokumentu PRJ.00220-PRD.00449-D01.03-1dot: Multicyklon MCY-016-150.2 i Filtroseparatora gazu FGWS-150/1,6-GD3W3, Wrocław 2022.