

SPOSOBY OGRANICZANIA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA NA STANOWISKACH PRACY NA PRZYKŁADZIE ZAKŁADU SAUER-DANFOSS SP. Z O.O. WE WROCŁAWIU

Monika Wierzbńska¹, Radosław Piątek²

¹ Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: mwierzbinska@ath.bielsko.pl

² DST-KEMI A/S, Merkurvej 27B, DK-6000 Kolding, e-mail: rpi@dstkemi.com

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wybrane sposoby ograniczania zanieczyszczeń powietrza na stanowiskach pracy przy linii fosforowania oraz przy gnieździe obróbczym metali. Analizę zmian stężeń kwasu fosforowego oraz mgły olejowej w powietrzu wykonano na przykładzie zakładu Sauer-Danfoss Sp. z o.o. we Wrocławiu, gdzie po zainstalowaniu na liniach technologicznych nowoczesnych urządzeń i instalacji, nastąpił spadek niebezpiecznych dla zdrowia pracowników zanieczyszczeń, na które byli narażeni w czasie pracy przy swoich stanowiskach. Podjęte przedsięwzięcia pozwoliły na usunięcie tych zanieczyszczeń z powietrza w 90–95%.

Słowa kluczowe: mgła olejowa, kwas fosforowy, filtr Clara 1000, oczyszczanie powietrza na stanowiskach pracy.

SELECTED METHODS OF AIR POLLUTIONS LIMITING AT WORKPLACES ON THE EXAMPLE OF SAUER-DANFOSS SP. Z O.O. PLANT IN WROCLAW

ABSTRACT

In the article selected methods of air pollutions limiting at workplaces by/near the metalworking seat are presented. Air pollutants are emitted from the phosphate coating process. There are phosphoric acid and oil mist. The analysis of the substances concentrations variations were made on the example of the Sauer-Danfoss factory in Wrocław. Installing of modern devices and installations has caused concentrations drop of healthy dangerous substances being in the workplaces air. These pollutants on which workers were exposed were eliminated from the air in 90–95%.

Key words: oil mist, phosphoric acid, Clara 1000, air decontamination at the workplaces.

WSTĘP

Praca w warunkach ekspozycji na czynniki szkodliwe lub niebezpieczne stwarza niebezpieczeństwo wystąpienia niekorzystnych skutków dla zdrowia i życia człowieka, a prawdopodobieństwo i zakres wystąpienia tych następstw określa się jako ryzyko

zawodowe. Ryzyko zawodowe, związane z wykonywaną pracą wynika, więc z narażenia pracownika na działanie czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych występujących na stanowisku pracy.

Wykonywanie czynności związanych z obsługą maszyn w procesie obróbki skrawaniem metali wiąże się z narażeniem operatora obrabiarki na oddziaływanie czynników, stwarzających potencjalne możliwości występowania wypadków przy pracy i wymaga zachowywania szczególnych zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, regulowanych na ogół stosownymi aktami prawnymi.

Do szkodliwych czynników chemicznych, które mogą występować przy obsłudze maszyn do obróbki metali należą mgły olejowe lub pyły szlifierskie. Niemal wszystkie prace obróbcze metali powodują powstawanie pewnej ilości mgły olejowej. Płyny używane do chłodzenia narzędzi i obrabianych przedmiotów (podczas obróbki metali) wskutek działania sił mechanicznych oraz oddziaływania ciepła generowanego w wyniku tarcia przekształcają się w lekką mgiełkę. Mgiełka ta stwarza potencjalne zagrożenie dla zdrowia operatorów i szkodliwie oddziałuje na środowisko pracy maszyn. Natomiast podczas prac szlifierskich, ściernica wytwarza dużo pyłu szlifierskiego (cząsteczki zeszlifowanego materiału oraz wykruszone ziarna ściernicy), co daje efekt w postaci snopu świecących iskier. Większa część rozrzuconego pyłu szlifierskiego zatrzymywana zostaje przez osłonę, ale znaczna jego część wydostaje się również na zewnątrz.

Przebywanie w takim środowisku pracy (duże zapylenie pyłem szlifierskim lub mgłą olejową) może powodować problemy z układem oddechowym – można je łatwo zauważyć, gdyż objawia się w postaci kaszlu, ciężkiego lub płytkiego oddechu. W zależności od stopnia oddziaływania i częstotliwości przebywania w takim środowisku może powodować reakcje alergiczne lub podrażnienia skóry u pracownika jak również przewlekłe choroby zawodowe (np.: astmę). Ponadto oprócz bezpośredniego wpływu na zdrowie operatorów maszyn i przerw w produkcji, warto wspomnieć, że mgła olejowa osadza się na wszelkich powierzchniach wokół maszyny, sprawiając, że podłoga i powierzchnie miejsca pracy są niebezpiecznie śliskie, co może prowadzić do poślizgnięcia się pracownika i w konsekwencji do jego upadku. Kolejnym niepożądanym czynnikiem pojawiającym się w środowisku pracy, szczególnie przy procesach fosforanowania stali, jest fosfor. Do zatrucia dochodzi, przez połknięcie substancji i wdychanie par. Fosfor powoduje silne uszkodzenia tkanek, głównie szpiku i krwinek oraz zwyrodnienia tłuszczowe i zmiany martwicze, zwłaszcza w wątrobie i nerkach.

Monitorowanie ilości potencjalnych zanieczyszczeń na terenie zakładu, w szczególności na stanowiskach pracy jest ważnym elementem zarządzania środowiskowego firmy, pozwalającego na sprawne reagowanie i wprowadzanie zmian technologicznych, jeśli tego wymaga sytuacja. Monitoring pozwala również przede wszystkim zapobiegać zanieczyszczeniom w powietrzu oraz ograniczyć problem chorób zawodowych pracowników narażonych nie tylko na opary kwasu fosforowego, mgły olejowej czy pyłów szlifierskich.

W artykule przedstawiono nowoczesne metody ograniczania ekspozycji pracowników na działanie czynników szkodliwych lub niebezpiecznych. Efektywność podjętych przedsięwzięć poparto wynikami badań powietrza na stanowiskach pracy. Analizę metod ograniczania zanieczyszczeń na stanowiskach pracy przeprowadzono na przykładzie zakładu Sauer-Danfoss Sp. z o. o. we Wrocławiu.

CHARAKTERYSTYKA PRZEDSIĘBIORSTWA SAUER-DANFOSS ORAZ PROFILU PRODUKCYJNEGO

Sauer Danfoss jest międzynarodowym koncernem, zaliczanym do czołówki największych producentów i dostawców hydrauliki siłowej, elektro-hydrauliki i rozwiązań elektronicznych w dzisiejszym świecie. Sauer Danfoss zaopatruje rynki światowe w przekładnie hydrostatyczne, pompy dla układów otwartych, silniki, zawory, układy sterujące oraz sterowniki elektrohydrauliczne zarówno w postaci komponentów, jak i zintegrowanych systemów. Produkty Firmy w postaci zarówno pojedynczych elementów oraz całych systemów hydrauliki siłowej znajdują zastosowanie w takich obszarach jak rolnictwo (ciągniki, kombajny), budownictwo (betoniarki), budowa dróg (walce drogowe), przemysł przeładunkowy (wózki widłowe, żurawie przeładunkowe, podnośniki), transport, przemysł komunalny, leśnictwo oraz w pojazdach użyteczności publicznej (solarki, zamiatarki uliczne, kosiarki) i innych. W Polsce znajdują się dwa oddziały firmy Sauer Danfoss. Jeden z nich ma swoją siedzibę we Wrocławiu.

Proces produkcyjny obejmuje następujące etapy:

1. Obróbka mechaniczna wstępna:
 - mycie wstępne – mycie metalowych elementów środkami myjącymi na bazie wody,
 - obróbka skrawaniem – toczenie zgrubne i wykończeniowe, frezowanie, wiercenie, procesy cięcia metali, przeciąganie,
2. Obróbka cieplno-chemiczna:
 - hartowanie – nawęglanie, odpuszczanie, wyżarzanie, azotowanie,
 - obróbka chemiczna – powlekanie stali i żeliwa metodą fosforowania manganowego,
 - mycie międzyoperacyjne – mycie metalowych elementów środkami myjącymi na bazie wody w myjkach komorowych.
3. Obróbka mechaniczna wykończeniowa – obróbka precyzyjna polegająca na szlifowaniu stali przy użyciu chłodziwa oraz honowanie,
4. Montaż podzespołów i gotowych wyrobów,
5. Testowanie wyrobów – testy funkcjonalne produkowanych wyrobów poprzez próby szczelności,
6. Malowanie gotowych wyrobów,
7. Konfekcjonowanie gotowych wyrobów.

URZĄDZENIA I INSTALACJE OGRANICZAJĄCE ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA NA STANOWISKACH PRACY

Podczas procesów fosforanowania kąpiele wymagają wysokich temperatur co powoduje parowanie i ulatnianie się niebezpiecznych substancji, takich jak: mangan i jego związki nieorganiczne, nikiel i jego związki oraz kwas fosforowy. Stanowią one bardzo duże zagrożenie dla ludzi pracujących w warunkach narażenia. Dlatego podejmuje się działania w celu monitorowania emisji oraz rozwiązań ograniczających emisję lotnych związków z poszczególnych linii technologicznych.

Myjka powietrza

Proces fosforanowania jest procesem prowadzonym w wysokich temperaturach i przy użyciu substancji niebezpiecznych dla pracownika obsługi. Dlatego niezbędnym wyposażeniem automatu jest system wentylacji wywiewnej, wyposażony w urządzenie do oczyszczania powietrza. Na system wentylacji składają się następujące elementy:

- ssawy szczelinowe z polipropylenu,
- ssawy szczelinowe ze stali kwasoodpornej,
- kolektor zbiorczy (przewód ssący) – wykonany z PCW wraz z przewodem łączącym z myjką powietrza,
- przewód kominowy (wyrzutnia powietrza) – wykonany z PE, od końca myjki powietrza / wentylatora aż ponad dach łącznie z kominem, ponad wysokość dachu ok. 3,5 m.

Do oczyszczania powietrza pochodzącego z linii do fosforanowania manganowego służy skraplacz powietrza o wydajności 18 600 m³/h oparów z linii galwanicznej. W połączeniu z wentylatorem wyciągowym o tych samych parametrach, układ skutecznie oczyszcza powietrze do wielkości parametrów zgodnych z dozwoloną wartością emisji zanieczyszczeń. Wśród elementów systemu oczyszczania powietrza wymienić można:

- wentylator – składa się z obudowy z tworzywa sztucznego (PP), elastycznego złącza przejściowego przy króćcach wejścia i wyjścia wentylatora, odpływu kondensatu, ochrony przed odłamdami stałymi, tłumika drgań wentylatora, zmiany sposobu podłączenia (gwiazda/trójkąt) oraz koła wirnikowego ze stali pokrytego Vacudurem;
- szafa sterująca – jest kompletnie wyposażona w elementy sterownicze niezbędne do prawidłowego funkcjonowania wentylacji. Wyposażeniem tym jest falownik do sterowania wentylatorem, urządzenie sterujące zaworem magnetycznym do prowadzenia wody do oczyszczacza powietrza;
- myjka powietrza – myjka pracuje w układzie poziomym strumienia powietrza, ze stopniem oddzielenia 99% przy wielkości kropli > 15 µm. Obudowa wykonana jest z PP. Wkłady myjące składają się z 2 sztuk pakietów lameli (PP), połączo-

nych jeden z drugim i podłączonych do 3 zestawów dysz spryskujących jak i 4 króćców odpływu z syfonem z PVC d 50 [1].

Filtr CLARA 1000

Filtr Clara 1000 ma za zadanie eliminację mgły olejowej. Przepływ – wydajność 1000 m³/h są to parametry odpowiednie dla większości obrabiarek. Eliminacja polega na odśrodkowej zasadzie oddzielenia i dlatego nie wymaga stałego nadzoru. Clara osiąga bardzo wysoki wskaźnik oczyszczania. Opatentowane obracające się wewnętrzne talerze dzielą mgłę olejową dużo skuteczniej niż tradycyjne odśrodkowe techniki oddzielenia, takie jak cyklony i obrotowe filtry. Filtr składa się ze śmigła z kilkoma blaszkami połączonymi z silnikiem, nazywanego stożkiem dysku. Rotacja stożka dysku, obsługiwana przez silnik, wysysa zanieczyszczone powietrze z obrabiarki do separatora. Wewnątrz stożka dysku, siła odśrodkowa rozchodzi się promieniście. Cząstki zaczynają łączyć się ze sobą na dyskach, tworząc większe i cięższe. Większe szybciej przemieszczają się w kierunku peryferii stożka dysku, skąd są wyrzucane na wewnętrzną ścianę separatora. Oddzielony płyn spływa na dół i jest zbierany w kanale skąd wraca do obrabiarki. Oczyszczone powietrze jest kierowane w górę do ujścia filtra, gdzie dodatkowo jest zamontowany ostateczny filtr HEPA H13. Sprawność instalacji wynosi 99,997% [2].

Filtr elektrostatyczny zainstalowany na szlifierce

W mgłę olejowej zawarty jest aerozol (cząstki > 1 µm) oraz para olejowa (cząstki < 1 µm). Filtry elektrostatyczne są jedynym rodzajem filtrów, które skutecznie separują cząstki o dyspersji < 2 µm. Elektrofiltry LTA do mgły olejowej wyposażone są w syfon spustowy oleju, skraplającego się w procesie filtracji na płytach panelu wychwytywacza (może on zostać użyty ponownie jako chłodziwo). Zanieczyszczone powietrze jest zasysane ze sfery emisji i doprowadzane do wstępnego filtra mechanicznego, w którym oddzielone są grubsze pyły. W strefie jonizatora cząstki zanieczyszczeń zostają dodatnio zjonizowane napięciem stałym 12 000 V; następnie przechodząc przez sferę wychwytywacza, w której dodatnie elektrony panelu wychwytywającego znajdują się pod napięciem 6000 V, osadzają się na elektrodach ujemnych. Po przejściu przez końcowy filtr mechaniczny oczyszczone powietrze wyrzucane jest przez wentylator [4].

ANALIZA ZMIAN EMITOWANYCH ZANIECZYSZCZEŃ NA STANOWISKACH PRACY

Badania czynników chemicznych na zlecenie działu BHP Sauer-Danfoss prowadzi Ośrodek Badań Podstawowych Projektów i Wdrożeń Ochrony Środowiska i Biotechnologii Laboratorium Badań Środowiskowych OIKOS. Laboratorium akre-

dytowane przez Polskie Centrum Akredytacji. Celem przeprowadzonych badań jest ocena zagrożenia zawodowego pracowników na stanowiskach pracy. Wyniki badań dotyczą stanowisk pracy w dniu pobrania prób.

Metodyka badań

Jednostkowe próby powietrza pobrano na stanowiskach pracy w bezpośredniej strefie oddychania pracowników metodą dozymetryczną stosując się do wymagań następujących norm i dokumentów:

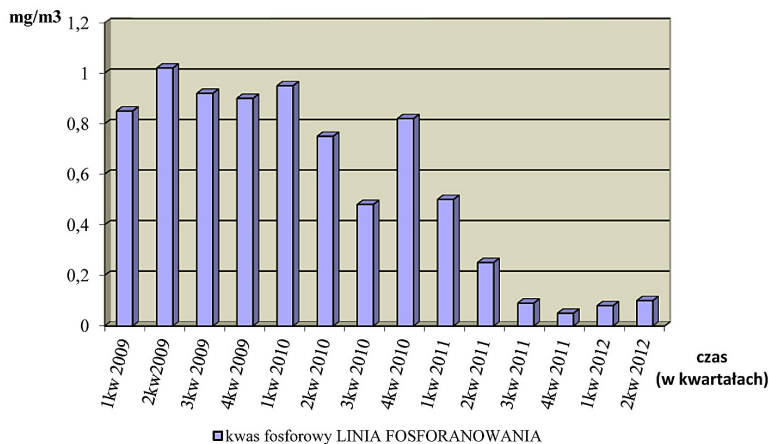
1. PN-ISO-4225:1999 – Jakość powietrza. Zagadnienia ogólne. Terminologia.
2. PN-ISO-4225/Ak:1999 – Jakość powietrza (arkusz krajowy).
3. PN-Z-04008-7:2002 – Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek i interpretacji wyników.
4. PN-Z-04008-7:2002/Az1:2004 – Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek i interpretacji wyników.
5. PN-Z-04108-6:2006 – Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości olejów. Oznaczanie oleju mineralnego (faza ciekła aerozolu) na stanowiskach pracy metodą spektrometrii absorpcyjnej w nadfiolecie.
6. IB-29 – Instrukcja poboru prób pyłów oraz czynników chemicznych na stanowiskach pracy wydanie nr 4 z dnia 18.12.2009 r.
7. IB-38 – Pobór przygotowanie i oznaczanie próbek wybranych metali na stanowiskach pracy wydanie nr 3 z dnia 05.01.2010 r.
8. PN-78/Z-04073.01 – Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości fosforu i jego związków. Oznaczenie pięciotlenku fosforu na stanowiskach pracy metodą kolorymetryczną.
9. Instrukcja I-01/PO-10 – Instrukcja poboru prób.

Wyniki i ich analiza

Na rysunkach 1–3 przedstawiono zmiany stężeń wybranych czynników szkodliwych, występujących na stanowiskach pracy przy produkcji elementów oraz systemów hydrauliki siłowej w zakładzie Sauer-Danfoss, na przestrzeni kilku lat. Wyniki są efektem badań prowadzonych w kwartalnych odstępach czasu na przestrzeni lat 2009–2012.

Na rysunku 1 przedstawiono zmiany stężeń kwasu fosforowego w powietrzu przy linii fosforanowania w zakładzie Sauer-Danfoss w latach 2009–2012. Dopuszczalna wartość stężenia dla tego kwasu NDS wynosi 1 mg/m^3 , natomiast wskaźnik NDSCh 2 mg/m^3 (tab. 1)[3]

Redukcja stężenia kwasu fosforowego ma bardzo istotne znaczenie ze względu na wysoką szkodliwość na stanowisku pracy. W trzecim kwartale 2011 roku nastąpił znaczny spadek stężeń tego czynnika do ok. $0,1 \text{ mg/m}^3$. W drugim kwartale 2011 roku kwas fosforowy eliminowany był z powietrza w 78% w stosunku do drugiego



Rys. 1. Wykres zmian stężenia kwasu fosforowego w badanym powietrzu na stanowisku pracy przy linii fosforanowania w latach 2009–2012

Fig. 1. Changes of phosphoric acid concentrations in tasted air at the phosphating technology line workplaces, in 2009–2012

Tabela 1. Najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS) oraz najwyższe dopuszczalne stężenia chwilowe (NDSCh) dla wybranych czynników szkodliwych

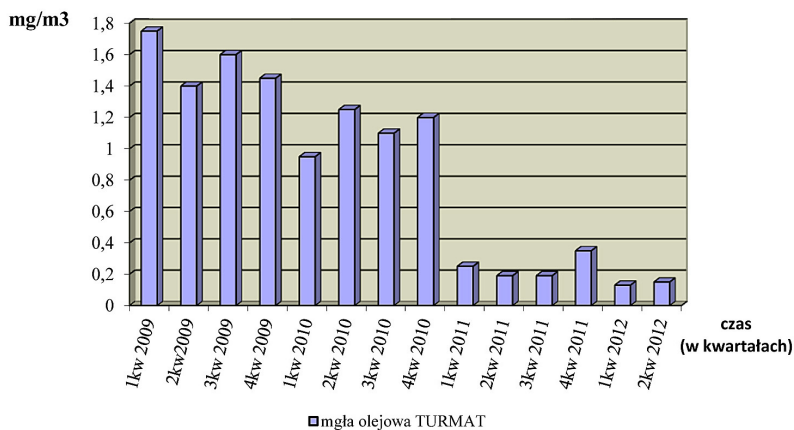
Table 1. Maximal allowable concentrations of selected Noxas

Czynnik szkodliwy	Akredytacja	Numer CAS	Nazwa stosowana w raporcie	NDS [mg/m ³]	NDSCh [mg/m ³]
Oleje mineralne	A	[-]	mgła olejowa	5	10
Mangan i jego związki nieorganiczne w przeliczeniu na Mn	A	[7439-96-5]	mangan	0,3	–
Nikiel i jego związki w przeliczeniu na Ni	A	[7440-02-0]	nikiel	0,25	–
Kwas fosforowy (V)		[7664-38-2]	kwas fosforowy	1	2

kwartału 2009 roku, a w czwartym kwartale 2011 r. już o 95%. Tak duży sukces jest wynikiem zainstalowania na linii fosforanowania filtra powietrza.

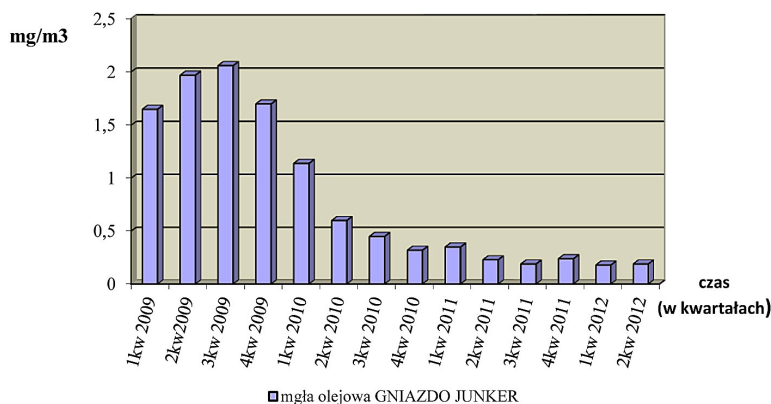
Rysunki 2 i 3 przedstawiają zmiany stężeń mgły olejowej w powietrzu na stanowiskach pracy przy szlifierce JUNKER oraz przy maszynie TURMAT w zakładzie Sauer-Danfoss w latach 2009–2012.

W pierwszym kwartale 2011 roku stężenie mgły olejowej na stanowisku pracy przy maszynie TURMAT uległo zmniejszeniu o 90% w stosunku do pierwszego kwartału 2009 roku. W pierwszym kwartale 2012 roku stężenie to było mniejsze już o ponad 94%. W drugim kwartale 2010 roku zaobserwowano spadek stężenia mgły olejowej w powietrzu przy szlifierce Junker. Stężenie to zmniejszyło się o 70%, natomiast już w trzecim kwartale 2011 roku spadek ten sięgał 90%.



Rys. 2. Wykres zmienności stężeń mgły olejowej w badanym powietrzu na stanowisku pracy przy maszynie TURMAT, w latach 2009–2012

Fig. 2. Changes of oil mist concentrations in tasted air at the workplace near TURMAT device, in 2009–2012

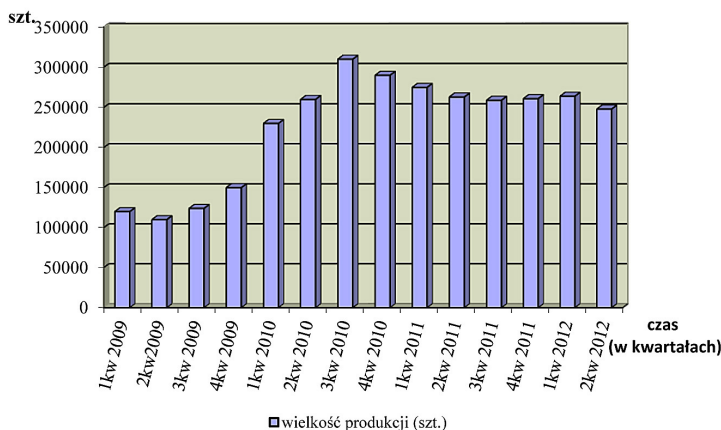


Rys. 3. Wykres zmienności stężeń mgły olejowej w badanym powietrzu na stanowisku pracy przy szlifierce JUNKER, w latach 2009–2012

Fig. 3. Changes of oil mist concentrations in tasted air at the workplace near JUNKER grinding machine, in 2009–2012

Pomimo wysokich dopuszczalnych norm stężenia NDS wynoszącego 5 mg/m^3 i NDSch wynoszącego 10 mg/m^3 , eliminacja mgły olejowej, jako szczególnie uciążliwej dla ludzi pracujących w danym środowisku, powinna być celem nadrzędnym dla każdego zakładu pracy. Znaczący spadek stężenia mgły olejowej w powietrzu w latach 2010–2011 (rys. 2 i 3), uzyskany dzięki zastosowaniu nowych rozwiązań w postaci filtra Clara zainstalowanego na maszynie Turmat oraz filtra elektrostatycznego umieszczonego w gnieździe szlifierek Junker, potwierdza słuszność wybranego kierunku działań przedsiębiorstwa.

W latach 2009–2012 zakład Sauer-Danfoss bardzo szybko się rozwijał, co przekładało się na stopniowy wzrost produkcji (rys. 4). Pomimo dynamiki produkcji, dzięki zastosowaniu nowych rozwiązań technologicznych, nie odnotowano w Zakładzie wzrostu emisji mgły olejowej i kwasu fosforowego.



Rys. 4. Dynamika zmian w wielkości produkcji w latach 2009–2012

Fig. 4. Dynamics of production volume changes in 2009–2012

PODSUMOWANIE

Firma Sauer-Danfoss zlokalizowana w Bielanych Wrocławskich jest prężnie rozwijającym się zakładem produkcyjnym co najlepiej pokazuje znaczący wzrost produkcji notowany na przełomie lat 2009–2012. Firma chcąc być konkurencyjną, kładzie nacisk na ciągłe doskonalenie, zmienia park maszynowy i inwestuje w nowe technologie.

Pracownik przebywający na co dzień w środowisku pracy narażony jest na wiele szkodliwych czynników, m.in. mgłę olejową lub kwas fosforowy. Firma Sauer-Danfoss działając prewencyjnie i nie dopuszczając do przekraczania ilości szkodliwych substancji w powietrzu zdecydowała się na zainstalowanie odpowiednich urządzeń, dzięki którym znacząco poprawiły się warunki pracy dla operatorów maszyn.

Zastosowanie urządzeń takich jak filtr Clara 1000, zamontowana na centrali obróbczej Turmat, elektrofiltr LTA na szlifierce Junker czy myjka powietrza na linii fosforowania, potwierdziło ich skuteczność i obniżyło ilości monitorowanych substancji o 90–95%.

Zainstalowane urządzenia nie mają wpływu na procesy produkcyjne i nie wymagają stałego nadzoru. Koszt zakupu urządzeń w stosunku do korzyści eksploatacyjnych okazuje się dobrą inwestycją. Ilość drogiego oleju procesowego, który zawracany jest do układu, pozwala na dokładne oszacowanie oszczędności.

BIBLIOGRAFIA

1. DK Systemtechnik GmbH, Instrukcja obsługi – Linia fosforanowania manganowego, 2009.
2. Dokumentacja techniczno-ruchowa: Instrukcja obsługi filtra Clara 1000 firmy 3Nine.
3. Ośrodek Badań Podstawowych Projektów i Wdrożeń Ochrony Środowiska i Biotechnologii, Laboratorium Badań Środowiskowych OIKOS, „Badania czynników chemicznych na stanowiskach pracy”, Raport z badań sporządzony na zlecenie Sauer-Danfoss Sp. z o.o., 2012.
4. <http://www.klimatyzacja.pl/wentylacja/top-projekt-filtry-elektrostatyczne>.