

Oznaczanie mgły olejowej w powietrzu na stanowiskach pracy metodą wagową

dr EWA GAWĘDA
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy
dr inż. KAZIMIERZ BEDNAREK
dr inż. ZBIGNIEW SZYDŁO
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

W artykule podano wybrane informacje na temat stosowania mgły oleju mineralnego do smarowania mechanizmów maszyn, a także obowiązujące w Polsce wartości dopuszczalnych stężeń olejów mineralnych i omówiono metody stosowane do oznaczania mgły olejowej w powietrzu na stanowiskach pracy. Na podstawie wyników badań rozpoznawczych zaproponowano alternatywny, wagowy sposób pomiaru ilości oleju osadzającego się na filtrach z pobranych próbek powietrza, łatwiejszy w realizacji i mniej kosztowny od obecnie stosowanego sposobu pomiaru za pomocą spektrofotometru.

Determination of mineral oil mist in the workplace air by gravimetric method

This paper presents selected information on the use of mineral oil mist in lubricating machines. It also discusses information on permissible concentrations of mineral oils that are obligatory in Poland and methods used in determining oil mist in workplace air. On the basis of recognition tests, an alternative gravimetric method of measurement is proposed. It consists in a gravimetric determination of the quantity of oil deposited in filters from air samples. This method is easier and less expensive than the spectrophotometric measurement method which has been used so far.

Wstęp

Smarowanie mechanizmów maszyn aerozolem oleju mineralnego (mgłą olejową) jest obecnie stosowane w wielu dziedzinach techniki, szczególnie do smarowania szybko-obrotowych łożysk tocznych w walcowniach metali oraz obrabiarkach metali.

Ten sposób smarowania polega na ciągłym doprowadzaniu mgły olejowej do smarowanych mechanizmów, gdzie następuje wytrącanie większości oleju ze strumienia mgły olejowej. Niewytrącona część oleju wypływa na zewnątrz w postaci aerozolu, zwanego resztkową mgłą olejową i może przenikać do powietrza środowiska pracy, powodując jego zanieczyszczenie.

Pomiary działania eksploatowanych obecnie w Polsce układów smarowania mgłą olejową wykazały, że resztkowa mgła olejowa wypływająca ze smarowanych mechanizmów zawiera zwykle od 10% do 40% początkowej zawartości oleju we mgle olejowej.

Badania wykonane przez autorów artykułu z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (AGH) wykazały również, że stosując w punktach smarowania odpowiednie przyrządy do wytrącania kropeł z mgły olejowej, zwane impaktorami, zawartość oleju w resztkowej mgle olejowej można zmniejszyć do około 3% [1, 2, 3, 4]. Pozwala to zmniejszyć stężenie mgły olejowej w powietrzu na stanowisku pracy, a tym samym ograniczyć zagrożenie dla zdrowia zatrudnionych tam pracowników.

Podczas eksploatacji maszyn smarowanych mgłą olejową bardzo ważnym zadaniem jest systematyczna kontrola zawartości mgły olejowej w powietrzu na stanowiskach pracy. Ponieważ stosowane obecnie metody oznaczania zawartości mgły olejowej w powietrzu za pomocą spektrofotometrii są bardzo kosztowne i muszą być wykonywane przez specjalistów, dlatego w AGH podjęto próbę wykonania tych oznaczeń znacznie prostszą i mniej kosztowną metodą wagową, którą przedstawiono w tym artykule.

Do powietrza środowiska pracy mogą również przenikać aerozole innych substancji olejowych pochodzących z przetworów naftowych stosowanych w procesach technologicznych, np. płynów chłodząco-smarujących używanych przy obróbce metali. Do oznaczania stężeń tych aerozoli w powietrzu należy stosować odpowiednie metody pomiarowe.

Konstrukcja i działanie układu smarowania mgłą olejową

Przykład centralnego układu smarowania mgłą olejową różnych rodzajów mechanizmów przedstawiono na schemacie (str. 13.). Dobór aparatu rozpylającego olej, najczęściej pneumatycznego, zwanego agregatem mgły olejowej, i parametrów jego pracy jest dokonywany na podstawie literatury firmowej

producentów urządzeń do smarowania mgłą olejową. Doboru impaktorów dokonuje się również na podstawie literatury firmowej producentów tych urządzeń, z uwzględnieniem publikowanych wyników badań skuteczności wytrącania kropeł oleju z mgły olejowej tymi impaktorami.

Zagadnienia związane z badaniami nad doбором olejów do układów smarowania mgłą olejową zostały przedstawione we wcześniejszej publikacji [5]. Wymagane właściwości oleju do tych układów można ustalić tylko doświadczalnie na specjalnych stanowiskach badawczych.

Stopień zanieczyszczenia powietrza na stanowiskach pracy resztkową mgłą olejową wypływającą ze smarowanych mechanizmów, zależy głównie od następujących czynników:

- doboru aparatu rozpylającego olej o wydajności dostosowanej do smarowanych mechanizmów i ustalenia parametrów rozpylania w celu uzyskania użytecznej ekonomicznie i technicznie mgły olejowej o stężeniu oleju $2 \div 12 \text{ g/m}^3$ powietrza o widmie rozpylania umożliwiającym przepływ mgły olejowej rurociągami na wymagane odległości, w praktyce do 100 m, bez nadmiernego wytrącenia się kropeł oleju, a w punktach smarowania wytrącanie z niej maksymalnej ilości kropeł oleju

- doboru impaktorów o wydajności wymaganej w odniesieniu do smarowanych mechanizmów oraz ustalenia ich roboczych parametrów zapewniających wysoką sprawność wytrącania

- doboru oleju o wymaganej lepkości i właściwościach smarnych oraz o odpowiednich właściwościach do rozpylania w zastosowanych aparatach rozpylających

- istniejących miejscowych warunków umożliwiających przenikanie resztkowej mgły olejowej wypływającej ze smarowanych mechanizmów do powietrza

środowiska pracy oraz możliwości zastosowania skutecznej wentylacji odciągowej, miejscowej i ogólnej, usuwającej tę mgłę poza obszar stanowiska pracy.

Zagadnienia te należy uwzględnić przy projektowaniu maszyn smarowanych mgłą olejową oraz przy doborze urządzeń smarowniczych.

Normatywy higieniczne – NDS i NDSCh

Mgła olejowa jest aerozolem oleju mineralnego, w którym olej może występować w dwóch fazach skupienia: w postaci zdyspergowanej fazy ciekłej (rozproszone w powietrzu krople oleju) oraz w postaci ciągłej fazy gazowej (pary oleju).

Mgła olejowa, wytwarzana w rozpylaczach pneumatycznych, stanowi zdyspergowaną fazę ciekłą oleju w powietrzu, przypuszczalnie z niewielką częścią fazy gazowej powstałej w wyniku parowania oleju podczas rozpylania. Natomiast w resztkowej mgłę olejowej, wyływającej ze smarowanych mechanizmów, może wystąpić zwiększony udział fazy gazowej, z uwagi na parowanie oleju w podwyższonej temperaturze wytworzonej w wyniku tarcia w mechanizmach maszyn i urządzeń podczas ich pracy.

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami (rozporządzenie ministra pracy i polityki społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. [6] – wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia oleju mineralnego (NDS) wynosi 5 mg/m^3 , a najwyższego dopuszczalnego stężenia chwilowego (NDSCh) – 10 mg/m^3 . Obie te wartości odnoszą się wyłącznie do fazy ciekłej aerozolu, która zgodnie z obecnym stanem wiedzy jest znacznie bardziej szkodliwa dla człowieka i organizmów żywych od fazy gazowej oleju mineralnego. W załączniku nr 1 do tego rozporządzenia nie zostały podane wartości normatywów higienicznych odnoszących się do fazy gazowej tego oleju, jak również jego fazy ciekłej i gazowej łącznie.

Metody oznaczania stężeń mgły olejowej w powietrzu na stanowiskach pracy

Jedyną, znormalizowaną metodą oznaczania mgły olejowej w powietrzu na stanowiskach pracy, która może być

stosowana do pomiarów w celu oceny narażenia zawodowego jest obecnie metoda podana w PN-88/Z-04108/04 [7]. Tylko ta metoda umożliwia oznaczanie stężeń samej tylko fazy ciekłej aerozolu oleju mineralnego – próbki powietrza pobiera się z zastosowaniem filtrów z włókien szklanych – i tylko w ten sposób uzyskane wyniki pomiarów stężeń oleju w powietrzu na stanowisku pracy można odnosić do wartości normatywów higienicznych. W zbiorze polskich norm znajduje się jeszcze PN-80/Z-04108.02 [8], ale wyniki pomiarów stężeń uzyskane z zastosowaniem podanej tam metody nie mogą być podstawą oceny narażenia zawodowego na oleje mineralne, ponieważ próbki powietrza pobierane są do płuczek z cykloheksanem, w wyniku czego oznaczana jest łącznie faza ciekła i gazowa oleju. Norma ta ma być zastąpiona inną normą.

W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie opracowano w 1999 r. dwie metody oznaczania fazy ciekłej oleju mineralnego w powietrzu. Stanowią one nowelizację metod podanych we wspomnianych normach. Metody te zostały opracowane na podstawie badań przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych i sprawdzone na przemysłowych stanowiskach pracy. Metody te zostały opublikowane w postaci odpowiednich procedur analitycznych w wydawnictwie Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy – „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy” [9] i mogą być stosowane jako tzw. metody zalecane. Ponadto, stanowią one podstawę projektów norm, które po ustanowieniu zastąpią normy: PN-88/Z-04108/04 i PN-80/Z-04108.02 [7, 8], które z kolei zostaną usunięte z Katalogu Polskich Norm. W obu opracowanych w CIOP-PIB metodach, próbki powietrza są pobierane z zastosowaniem filtrów z włókien szklanych, dzięki czemu oznaczana jest tylko faza ciekła aerozolu. Dlatego mogą one być stosowane do oceny narażenia zawodowego, a oznaczanie ilości oleju zatrzymanego na filtrze dokonywane jest z zastosowaniem spektrofotometrii absorpcyjnej, odpowiednio: w metodzie I – w podczerwieni (IR), w metodzie II – w nadfiolecie. W metodzie I do ekstrakcji oleju zatrzymanego na filtrze stosuje się 1,1,2,2-tetrachloroetan. Odczynnik ten,

mniej szkodliwy w aspekcie oddziaływania na środowisko, zastąpił używany w metodzie wg PN-88/Z-04108/04 tetrachlorek węgla, który uszkadza warstwę ozonową atmosfery ziemskiej i który, jak wiele innych związków, np. freony, powinien zostać wycofany, a przynajmniej stosowany z ograniczeniami. W metodzie II został przede wszystkim zmieniony, w stosunku do PN-80/Z-04108.02, sposób pobierania próbek powietrza – pochłanianie par i aerozolu oleju mineralnego w cykloheksanie zastąpiono zatrzymywaniem aerozolu na filtrze z włókien szklanych, z którego następnie olej jest ekstrahowany cykloheksanem.

Najmniejsze ilości oleju, jakie można oznaczyć tymi metodami, wynoszą:

– 1 mg/m^3 przy objętości pobranego powietrza 200 l (metoda I)

– $1,5 \text{ mg/m}^3$ przy objętości powietrza 200 l (metoda II).

Obie metody są dostosowane do pobierania próbek powietrza na stanowiskach pracy zgodnie z zasadami dozymetrii indywidualnej – zasady te są określone w PN-Z-04008-7:2002 i w *Arkuszu zmian* Az1:2004 [10].

W wymienionych metodach nie określono parametrów filtra stosowanego do pobierania próbek powietrza, czyli wskaźnika filtracji i pojemności pochłanianego oleju. W metodach tych nie określa się sposobu testowania filtrów, które są filtrami węglowymi, w zakresie ilości zatrzymywanego w filtrze i przenikającego przez filtr oleju, co zależy od widma rozpylonego oleju (faza ciekła aerozolu zawiera cząstki o różnej dyspersji), czyli zakresu średnic kropli oleju. Odpowiednie badania były wykonywane w trakcie opracowywania metod i stwierdzono, że dla różnych olejów, ich typowych zastosowań i typowych filtrów z włókien szklanych, skuteczność zatrzymywania oleju przez filtr jest praktycznie 100-procentowa, przynajmniej w zakresie stężeń olejów występujących w powietrzu na stanowiskach pracy. Jak wynika z przeprowadzonego rozpoznania, obecnie do pobierania próbek powietrza zanieczyszczonego mgłą olejową najczęściej są stosowane filtry Whatmana GF/A lub SKC A/E. Zastąpiły one nie produkowane od lat filtry z włókniny szklanej NK-8 (byłe NRD). Do pobierania próbek powietrza w celu oznaczenia oleju mogą być również stosowane inne filtry z włókien szklanych. W niektórych sytuacjach można

jednak nie uzyskać pełnego pochłaniania, dlatego też do tych spraw należy podchodzić indywidualnie i zawsze z dużą ostrożnością. W przypadku, gdy wykonawca pomiarów według normy ma wątpliwości, czy zastosowany w badaniu rodzaj filtrów zapewnia dostatecznie skuteczne zatrzymywanie oleju, wówczas należy przeprowadzić dodatkowe badania sprawdzające.

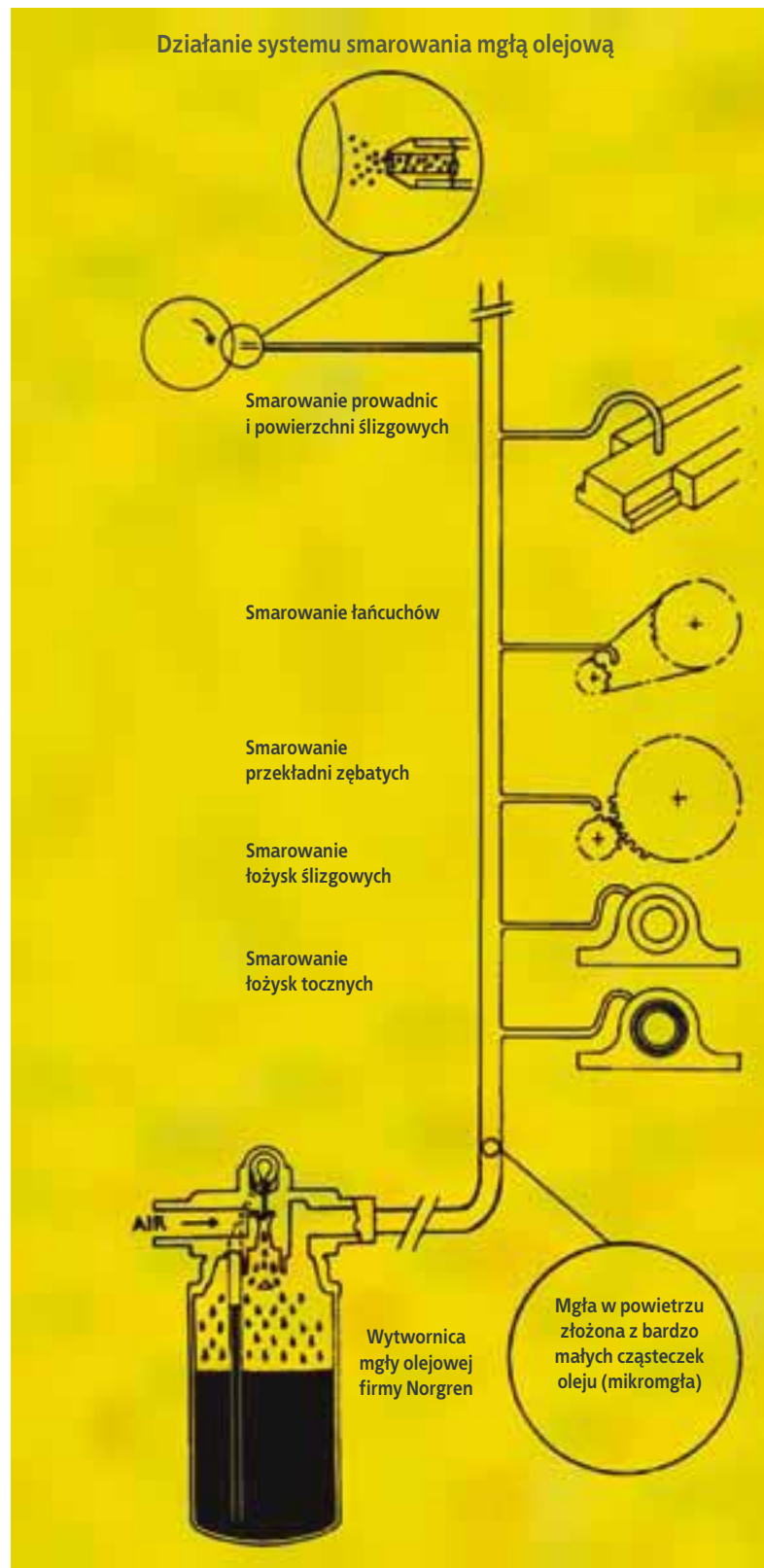
Ponieważ Polska Norma ma z założenia charakter ogólny i uniwersalny, podaje jedynie procedurę analityczną i nie może podawać żadnych zaleceń dotyczących producentów materiałów i urządzeń.

Uwagi te odnoszą się do pomiarów zanieczyszczenia powietrza smarową mgłą olejową, ponieważ widmo kropłowe rozpylonego oleju występującego w resztkowej mgle olejowej wypływającej ze smarowanych mechanizmów może być silnie zróżnicowane w zależności od stosowanego aparatu rozpylającego, konstrukcji i parametrów pracy systemu smarowniczego, a także rodzaju użytego do smarowania oleju. Badania wykonane w laboratorium Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, do których użyto różnych rodzajów filtrów z włókien szklanych, wykazały różnice w zatrzymywaniu i przenikaniu kropli oleju przez różne rodzaje filtrów, w zależności od wymienionych czynników.

Zagadnienia te powinny być przedmiotem dalszych badań i opracowań.

Propozycja alternatywnego, wagowego pomiaru ilości oleju zatrzymanego na filtrze

Metody oznaczania mgły olejowej w powietrzu wg PN-88/Z-04108/4 oraz metody I i II opracowywane w CIOP-PIB [9], do pomiaru ilości oleju zatrzymanego na filtrze wymagają stosowania spektrofotometru absorpcyjnego obsługiwanego przez wykwalifikowanego specjalistę. Stanowi to znaczne utrudnienie i jest kosztowne. W związku z tym w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie opracowano i wstępnie przetestowano wagowy sposób pomiaru ilości oleju zatrzymanego na filtrze – przez pomiar masy filtra przed i po pobraniu próbki powietrza. Pomiar taki jest możliwy jedynie w przypadku nieobecności w badanym powietrzu innych aerozoli ciekłych, pyłów lub dymów, występujących np. przy obróbce metali. Gdy w powietrzu na stanowisku pra-



Schemat centralnego układu smarowania mgłą olejową
A diagram of a centralized oil mist lubrication system

cy znajdują się inne zanieczyszczenia mogące podwyższyć masę filtra, i które mogą zostać wyekstrahowane podczas przygotowywania analizowanej próbki, wówczas do oznaczania oleju mineralnego należy zastosować metodę spektrofotometryczną.

W badaniach zastosowano filtry z włókien szklanych o określonych parametrach, wykonanych w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach, które – jak filtry Whatmana czy SKC – są również stosowane przez laboratoria higieny środowiska pracy wykonujące pomiary mgły olejowej w powietrzu. W badaniach zastosowano wzorcową mgłę olejową z oleju Mobil Mist 34, wytworzoną w specjalnym agregacie do wytwarzania mgły olejowej do badań laboratoryjnych, firmy Alemite z USA. Stężenie oleju w powietrzu wynosiło około 7 g/m^3 , a średnica kropeł $0,2 \div 5 \mu\text{m}$. Należy wyjaśnić, że jest to stężenie bardzo duże, praktycznie niespotykane na stanowiskach pracy w przemyśle. Do porównawczego pomiaru masy oleju zatrzymanego na filtrze zastosowano następujące urządzenia: laboratoryjną wagę analityczną firmy Sartorius, model 110 oraz spektrometr IR firmy Bio-Rad, model FTS 165.

Wykonano 10 badań. Masę oleju zatrzymanego na filtrach oznaczano najpierw wagowo, a następnie metodą spektrofotometryczną. Średnia masa oleju zatrzymanego na filtrze, zmierzona na wadze analitycznej, wynosiła około 15 mg, a metodą spektrofotometryczną – około 14 mg. Nieco wyższe wyniki w pomiarze wagowym wskazują przypuszczalnie na to, że na filtrze, oprócz oleju, zostały zatrzymane również inne zanieczyszczenia znajdujące się w badanym powietrzu. Uzyskane wyniki są jednak porównywalne, a pomiar wagowy jest znacznie prostszy, mniej pracochłonny i mniej kosztowny, dlatego w różnego rodzaju badaniach pomocniczych, przykładowo badaniu emisji w celu sprawdzenia skuteczności wentylacji, kontroli procesu technologicznego itp., może on być stosowany.

Podsumowanie

Można przyjąć, że po wykonaniu odpowiedniego zakresu porównawczych pomiarów z zastosowaniem spektrofotometrycznych metod oznaczania mgły olejowej i metody wagowej na przemysłowych stanowiskach pracy oraz po ustaleniu warunków i opracowaniu procedury pomiaru

wagowego, sposób wagowy mógłby być także stosowany do prowadzenia na bieżąco pomocniczych, profilaktycznych pomiarów przeprowadzanych przez zakładowe służby bezpieczeństwa i higieny pracy. Sposób ten można także stosować w badaniach kontrolnych, wykonywanych przez upoważnione laboratoria higieny środowiska pracy, w przypadku zanieczyszczenia powietrza tylko jednym aerozolem, szczególnie mgłą olejową stosowaną do smarowania mechanizmów maszyn, gdy nie jest ono zanieczyszczone dodatkowo pyłami.

Zaproponowany w artykule alternatywny, wagowy sposób pomiaru ilości oleju osadzającego się na filtrach z pobranych próbek powietrza, jest łatwiejszy w realizacji i mniej kosztowny od obecnie stosowanego sposobu pomiaru za pomocą spektrofotometru.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Bednarek K. *Metodyka badania wpływu wybranych parametrów mgły olejowej na powstawanie filmu olejowego na roboczych powierzchniach koła zębatego*. Praca doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, 1980
- [2] Bednarek K., Szydło Z. *Problems of Oil Mist Lubrication in Industry*. Lubricating Engineering, Vol. 44, No 11, 1988
- [3] Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. *Prace badawczo-wdrożeniowe dla przemysłu*, numery: 5.391.23 – 1983 r., 5.130.492 – 1995 r., 5.5.130.14 – 2001 r., 5.5.130.54 – 2003 r.
- [4] Szydło Z., Bednarek K. Zgłoszenie patentowe nr P-347344 *Sposób wytrącania oleju ze strumienia mgły olejowej do smarowania mechanizmów maszyn oraz urządzenie do realizacji tego sposobu*. 27.04.2001
- [5] Bednarek K., Szydło Z. *Metoda badania olejów do układów smarowania mgłą olejową*. „Paliwa, oleje i smary w eksploatacji”, nr 82, 2001, Warszawa
- [6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 29 listopada 2002 w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1833 oraz zm. z 10 października 2005 r. DzU nr 212, poz. 1769
- [7] PN-88/Z-04108/04 *Oznaczanie fazy ciekłej olejów mineralnych na stanowiskach pracy metodą spektrofotometrii absorpcyjnej podczerwiieni*
- [8] PN-80/Z-04108.02 *Oznaczanie olejów mineralnych (mgła) na stanowiskach pracy metodą spektrofotometrii absorpcyjnej w nadfiolecie*
- [9] Kijeńska D. *Oleje mineralne – metody oznaczania*. „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy” 1999, z. 22, s. 158
- [10] PN-Z-04008-7:2002 *Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza na stanowiskach pracy i interpretacji wyników oraz zmiana do normy Az1:2004*



Maciej Zduniewski – Ogólnopolski konkurs na plakat bezpieczeństwa pracy „Chemia” – CIOP 1999