

Selektywność absorpcyjnej spektrometrii atomowej w analizie powietrza na stanowiskach pracy



W artykule przedstawiono zagadnienia związane z analizą próbek powietrza pobranych w warunkach przemysłowych metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej do oceny narażenia na szkodliwe substancje chemiczne. Omówiono rodzaje oddziaływań mogących wpływać na wynik analizy tą metodą. Przedstawiono przykłady oddziaływań występujących w analizie powietrza w wybranych procesach przemysłowych, a także różne sposoby eliminacji oddziaływań chemicznych w celu zapewnienia jakości wyniku analitycznego.

Selectivity of absorptive atomic spectrometry in analysing workplace air

This paper analyses issues related to air samples collected in industrial conditions with atomic absorption spectrometry to assess exposure to harmful chemicals. It discusses the types of interferences that could affect the outcome of an analysis with this method. It presents examples of interferences occurring in air analysis in some industrial processes as well as different ways of eliminating chemical interferences to ensure the quality of the analytical result.

Fot. Archiwum CIOP-PIB

Wstęp

Absorpcyjna spektrometria atomowa (*atomic absorption spectrometry* – AAS) jest podstawową metodą analityczną stosowaną do oznaczania śladowych ilości pierwiastków w różnego rodzaju materiałach i środowiskach. Za jej pomocą przeprowadza się analizę wód, gleb, ścieków, przedmiotów użytku, żywności, materiału roślinnego i biologicznego. Jest to metoda służąca również z dużym powodzeniem do oznaczania nieorganicznych zanieczyszczeń powietrza, a w szczególności powietrza środowiska pracy.

Wyniki analizy powietrza na stanowiskach pracy w przemyśle potrzebne są do oceny narażenia pracowników przemysłu na szkodliwe czynniki chemiczne. Z tych względów, jedynie wyniki stężeń oznaczanych związków zgodne ze stężeniami rzeczywistymi mogą być akceptowane i stosowane do tej oceny. Próbkę powietrza pobrane do analizy ze stanowisk

pracy zawierają, oprócz oznaczanych substancji, różne inne związki występujące w procesie produkcyjnym lub procesie przetwarzania. Zachodzi przez to możliwość wzajemnych oddziaływań związków zawartych w próbce na etapie analizy ilościowej. Wiedza o tego rodzaju oddziaływaniach w analizie metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej może uchronić analityka przed uzyskaniem wyniku obciążonego błędem, a więc nieprawidłowej oceny ryzyka zawodowego a w konsekwencji – od wynikających z niej niekorzystnych skutków zdrowotnych.

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia analizy ilościowej powietrza na stanowiskach pracy z zastosowaniem metody absorpcyjnej spektrometrii atomowej związane z jej selektywnością oraz wpływem substancji współwystępujących na wynik oznaczania. Zwrócono uwagę na sposoby eliminowania wzajemnych oddziaływań substancji oraz ne-

gatywnych skutków ich obecności w procesie analitycznym.

Wykorzystanie metody AAS w analizie powietrza

Metoda AAS, ze względu na wysoką czułość i precyzję oraz dużą szybkość analityczną, stwarza szerokie możliwości oznaczania zanieczyszczeń powietrza na stanowiskach pracy, w tym metali i ich związków, a wśród nich rakotwórczych metali i ich związków. W metodzie tej mierzy się absorpcję promieniowania przy danej długości fali po przejściu przez chmurę swobodnych atomów, wytworzonych za pomocą energii płomienia, pieca elektrycznego lub z wykorzystaniem techniki zimnych par [1]. Zjawisko absorpcji promieniowania o charakterystycznej dla oznaczanego danego pierwiastka długości fali zachodzi przez atomy tego pierwiastka w stanie podstawowym.

W technice płomieniowej AAS do celów analitycznych stosowane są wysoko energetyczne płomienie: powietrze – acetylen, o temperaturze ok. 2100 °C i podtlenek azotu – acetylen o temperaturze ok. 3000 °C. Tak wysoka energia jest niezbędna, aby z próbki w postaci cieczy uzyskać maksymalnie dużą liczbę atomów. Warunki w płomieniu decydują o złożonych procesach tworzenia się atomów. Istnieje ścisła zależność między liczbą wytworzonych atomów badanego pierwiastka, a jego stężeniem w próbce. Wraz ze wzrostem liczby atomów w płomieniu rośnie również absorbancja. Zależność absorbancja – stężenie jest podstawą oznaczania ilościowego badanego pierwiastka w próbce.

Aparaturą, która pozwala zrealizować te procesy jest spektrofotometr absorpcyjny atomowej. Obecne na rynku wysokiej klasy spektrofotometry, pozwalają na całkowite sterowanie procesem analitycznym z poziomu komputera oraz obróbkę sygnału i uzyskanie wyniku analitycznego z dużą czułością i precyzją [2].

Rodzaje oddziaływań w metodzie AAS

AAS jest uważana za metodę selektywną i stosowana jest w analizie rutynowej do oznaczania wielu pierwiastków z jednej próbki. Jednak – jak każda metoda analityczna – ma pewne ograniczenia. Złożone zjawiska fizyczne i chemiczne składające się na opisany wyżej proces analityczny mogą powodować, że sygnał analityczny, w różnego rodzaju środowiskach, jest zawyżony lub zaniżony. Może to być przyczyną wielu, niekiedy bardzo poważnych błędów.

Oddziaływania wpływające na zmianę sygnału możemy również nazywać interferencjami. Z tych względów można je podzielić

na interferencje spektralne i niespektralne, a te ostatnie – na fizyczne i chemiczne.

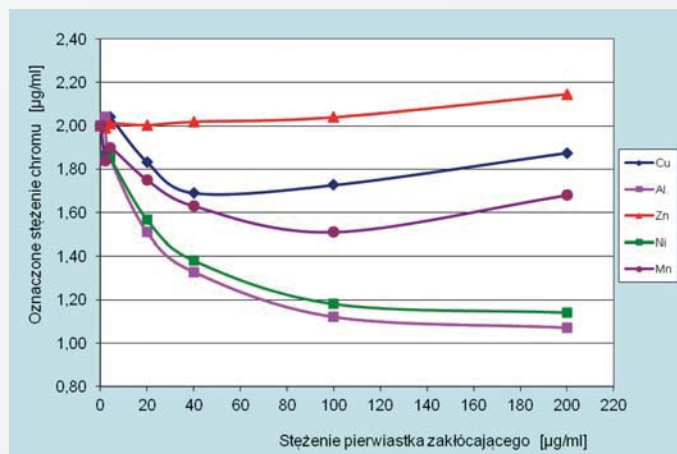
Interferencje spektralne są dobrze znane. Zachodzą wówczas, gdy w próbkach złożonych linia rezonansowa oznaczanego pierwiastka nakłada się z liniami spektralnymi innych pierwiastków. Przykładami nakładania się linii w AAS mogą być np.: żelazo (Fe) i platyna (Pt) przy długości fali 271,903 i 271,904 nm lub cynk (Zn) i żelazo (Fe) przy długości fali 213,856 i 213,859 nm [3]. Interferencje te może również powodować absorpcja cząsteczkowa powstających związków w płomieniu lub rozpraszanie promieniowania. Można je eliminować, wykonując pomiar przy innej długości fali odpowiadającej innej linii spektralnej lub oddzielenie pierwiastka oznaczanego od interferującego. Obecnie interferencjom spektralnym zapobiegają wysokiej klasy monochromatory, lampy podwyższonej jasności i zastosowanie różnego typu korekcji tła, np. za pomocą źródła promieniowania ciągłego – lampy deuterowej, metodą Smitha i Hieftiego, a także z wykorzystaniem efektu Zeemana.

Interferencje fizyczne zachodzą na etapie transportu i rozpylania analizowanej próbki i wynikają z jej własności fizycznych: lepkości, gęstości, napięcia powierzchniowego. Wytworzony w płomieniu aerosol próbki może też zmieniać właściwości płomienia np. temperaturę, skład czy jednorodność. Różnice w szybkości zasysania prowadzą do błędnych odczytów absorbancji, gdyż ilość atomów na drodze optycznej może być różna w próbkach i we wzorcach. Ma to znaczenie przy wzorcowaniu metodą krzywej wzorcowej. Dobrym sposobem eliminacji tych interferencji jest wykonanie oznaczenia z wykorzystaniem stosowanej w analizie kalibracji metodą dodatku wzorca.

Interferencje chemiczne związane są z procesami tworzenia wolnych atomów z roztworu badanej próbki. Mogą dotyczyć różnych etapów tego procesu i prowadzić do zmniejszenia ilości wolnych atomów, np. na skutek procesów jonizacji jak w przypadku oznaczania sodu (Na), potasu (K) czy tworzenia trudno lotnych lub trudno dysocjujących połączeń, np. tlenków, fosforanów, siarczanów czy krzemianów. W efekcie oddziaływań chemicznych następuje zmniejszenie absorbancji, jak również może nastąpić jej wzrost. Spowodowane jest to często warunkami atomizacji – zbyt wysoką lub zbyt niską temperaturą. Tego typu interferencje można eliminować stosując odpowiednio dobrane do oznaczanego pierwiastka i składu próbki warunki w płomieniu. W wielu przypadkach jest jednak konieczny dodatek substancji eliminującej interferencje – bufora spektralnego.

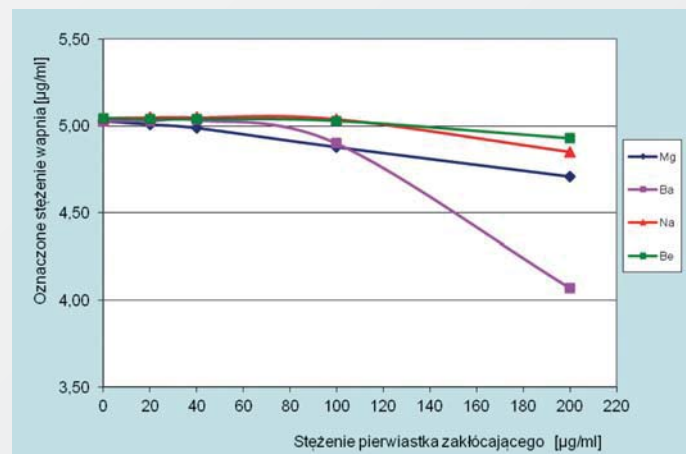
Rozpoznanie oddziaływań w próbkach pochodzących ze stanowisk pracy

W analizie powietrza pochodzącego ze stanowisk pracy próbki pobiera się na filtr, zbierając na nim wszystkie związki obecne w środowisku pracy. Po mineralizacji filtra i sporządzeniu roztworu do analizy badany pierwiastek oznacza się metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z atomizacją próbki w płomieniu powietrze – acetylen lub podtlenek azotu – acetylen. W próbce, oprócz badanego pierwiastka, znajdują się inne związki zawarte w powietrzu oraz kwasy nieorganiczne niezbędne do mineralizacji i przygotowania roztworu badanego analitu. Tak więc obok substancji oznaczanych występują związki.



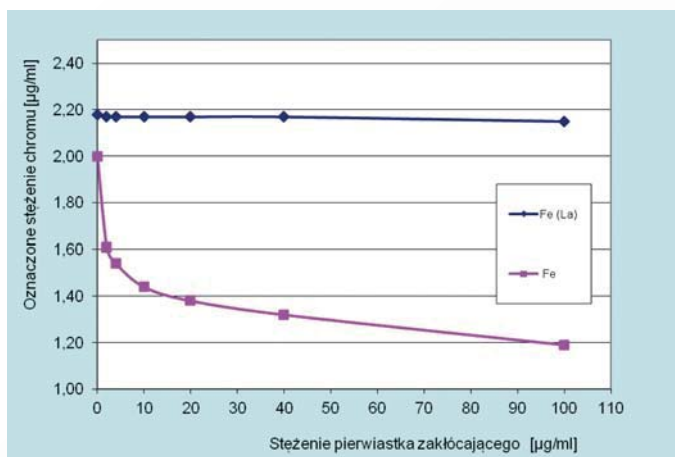
Rys. 1. Oddziaływanie miedzi, glinu, cynku, niklu, manganu (w zakresie stężeń 0–200 µg/ml) na wynik oznaczania chromu o stężeniu 2 µg/ml, w płomieniu powietrze – acetylen

Fig. 1. Interference of copper, aluminium, zinc, nickel and manganese (in the range of 0–200 µg/ml concentration) on the determination of 2 µg/ml chromium marking, in the air – acetylene flame



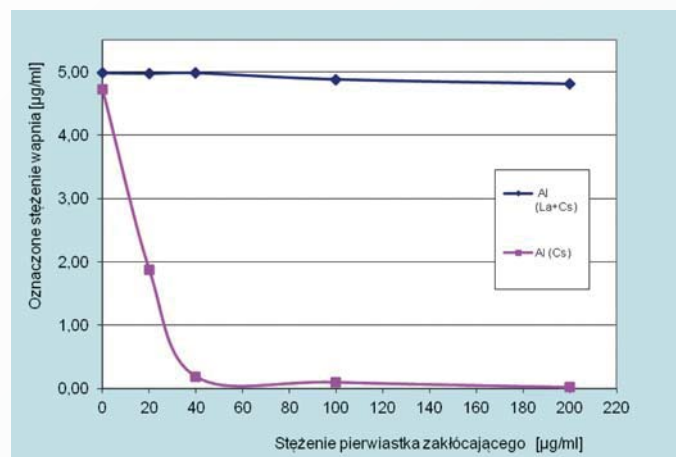
Rys. 2. Oddziaływanie glinu, magnezu baru, sodu i berylu (w zakresie stężeń 0–200 µg/ml) na wynik oznaczania wapnia o stężeniu 5 µg/ml, w płomieniu powietrze – acetylen

Fig. 2. Interference of aluminium, magnesium, barium, sodium and beryllium (in the range of 0–200 µg/ml concentration) on the determination of 5 µg/ml calcium, in the air – acetylene flame



Rys. 3. Korekcja oddziaływań żelaza na chrom o stężeniu 2 µg/ml za pomocą chlorku lantanu o stężeniu lantanu 0,4%, w płomieniu powietrze – acetylen

Fig. 3. Correction of the interferences of iron on 2 µg/ml chromium with lanthanum chloride with lanthanum concentrated at 0.4%, in the air – acetylene flame



Rys. 4. Korekcja oddziaływań glinu na wapń o stężeniu 5 µg/ml za pomocą chlorku lantanu i cezu o stężeniu lantanu 1% i stężeniu cezu 0,2%, w płomieniu powietrze – acetylen

Fig. 4. Correction of the interferences of aluminum on 5 µg/ml calcium with lanthanum and cesium chloride with lanthanum concentrated at 1% and cesium at 0.2%, in the air – acetylene flame

Jest wiele stanowisk pracy w przemyśle, których powietrze zawiera mieszaninę substancji o bardzo zróżnicowanych stężeniach, mogących wpływać na wynik oznaczania. Typowym przykładem współwystępowania dużej ilości związków na stanowiskach w środowisku pracy jest np. galwanizernia, gdzie mamy do czynienia z różnymi procesami uszlachetniania powierzchni. Bardzo często galwaniczne procesy cynkowania, niklowania, chromowania, cynowania czy srebrzenia biegają równolegle, w jednej hali, stanowiąc całe ciągi technologiczne. Przy ocenie narażenia należy uwzględnić czynniki chemiczne, z jakimi kontaktuje się pracownik, np. sole cynku (Zn), niklu (Ni), chromu (Cr), cyny (Sn), srebra (Ag), a także cyjanowodor (HCN), wodorotlenek sodu (NaOH), cyjanki, kwas siarkowy [4]. W tych warunkach cały zestaw związków metali i innych substancji obecnych w powietrzu stanowi próbkę analityczną, który dalej również będzie uczestniczył w procesie analitycznym. Podobnie na stanowiskach spawania: np. podczas spawania elektrodami proszkowymi w powietrzu, a więc i w próbce występują metale: mangan (Mn), chrom (Cr), glin (Al), molibden (Mo), nikiel (Ni), miedź (Cu), a także związki węgla, krzemu, fosforu i siarki [5].

Jak już wspomniano, na wynik oznaczania może również wpływać sam proces obróbki filtra, gdyż filtr poddaje się działaniu stężonych kwasów. O ile jest to możliwe, należy unikać kwasów: siarkowego, fosforowego i nadchlorowego, ponieważ w przypadku wielu pierwiastków powodują silne oddziaływania. Aby wyeliminować ten efekt, roztwory próbek jak i wzorców powinny zawierać takie same stężenia kwasów używanych do mineralizacji.

Do sporządzenia końcowego analitu należy używać rozcieńczonych kwasów – najlepiej kwasu azotowego o stężeniu 0,1 mol/l.

Wymiar niektórych oddziaływań zilustrowano na rys. 1 i 2. Przedstawiono przykłady wybranych możliwych oddziaływań, występujących przy oznaczaniu chromu i wapnia w powietrzu na stanowiskach pracy.

Sposoby eliminacji oddziaływań

W celu wyeliminowania niekorzystnych zjawisk spowodowanych obecnością składników przeszkadzających w analizie można zastosować takie sposoby, jak np. strącanie, ekstrakcja czy wymiana jonowa. Jest to jednak pracochłonne i również może być źródłem dodatkowych błędów. Ponadto, w analizie powietrza nie występuje, tak jak w innych środowiskach, znacząca matryca. Do oznaczania pierwiastków metodą AAS stosuje się najczęściej metodę krzywej wzorcowej. W przypadku braku powtarzalności zaleca się stosowanie metody roztworów ograniczających, w której zakłada się w niewielkim zakresie prostoliniową zależność sygnału od stężenia. Metodą eliminującą wpływ substancji przeszkadzających jest kalibracja metodą dodatku wzorca, jednak tu również konieczny jest prostoliniowy zakres krzywej, w którym można wykonać oznaczenie [6].

Podstawowym i najprostszym sposobem wykluczenia oddziaływań jest stosowanie odpowiednich warunków w płomieniu. Przede wszystkim zastosowanie właściwej temperatury atomizacji z użyciem odpowiedniego płomienia powietrze – acetylen lub podtlenek azotu – acetylen. Na wielkość oddziaływań zasadniczy wpływ ma również skład płomienia – utleniający, stechiometryczny czy redukujący.

Należy uwzględnić właściwości oznaczanych pierwiastków, aby ustrzec się tworzenia np. trudnych do atomizacji tlenków. Niedocenianym działaniem w analizie rutynowej jest ponadto poszukiwanie strefy w płomieniu o największej gęstości wolnych atomów, której położenie również w sposób znaczący zależy od składu analizowanej próbki.

Jak już wspomniano, w procesie eliminacji oddziaływań istotną pomoc stanowią bufony spektralne. Są to substancje, które biorą udział w reakcjach na różnych etapach tworzenia się atomów zdolnych do absorpcji promieniowania. W zależności od sposobu działania mają różne nazwy, np. dejonizujące, korygujące, ułatwiające przechodzenie w stan pary, chelatująco-ochronne. Przykładem buforu spektralnego może być roztwór chlorku cezu (o stężeniu cezu 1%), stosowany do oznaczania wodorotlenku sodu i potasu lub roztwór chlorku potasu (o stężeniu potasu 0,5%) stosowany do oznaczania baru i jego związków rozpuszczalnych zawartych w powietrzu na stanowiskach pracy [7-9]. Roztwór chlorku lantanu (o stężeniu lantanu 0,5%) zastosowano do oznaczania manganu i jego związków, zawartych w powietrzu w środowisku pracy [10]. Innym przykładem może być roztwór chlorku lantanu i chlorku cezu o stężeniach lantanu i cezu odpowiednio: 0,1 i 0,2% stosowany do oznaczania glinu i jego związków lub w stężeniach lantanu i cezu odpowiednio 1% i 0,2% do oznaczania tlenku wapnia [11,12].

Przykłady korygującego działania buforów spektralnych chlorku lantanu i chlorku cezu zastosowanych do oznaczania związków w środowisku pracy przedstawiono na rys. 3 i 4.

W tabeli przytoczono najpopularniejsze bufony spektralne stosowane w analizie ruty-

Tabela. Wybrane pierwiastki często oznaczane w środowisku pracy, możliwe oddziaływania chemiczne oraz stosowane sposoby ich eliminacji [2]
 Table. Selected elements often found in the work environment, possible chemical interactions and ways of eliminating them [2]

Oznaczany pierwiastek	Rodzaj oddziaływania	Sposób eliminacji oddziaływań
Bar (Ba)	Zjawiska jonizacji w płomieniu podtlenek azotu – acetylen. Oddziaływania fosforanów, krzemianów, Al.	Potas zastosowany w postaci chlorku o stężeniu 0,2% eliminuje zjawiska jonizacji. Oddziaływania eliminuje zastosowanie płomienia podtlenek azotu – acetylen lub dodatek chlorku lantanu.
Beryl (Be)	W płomieniu podtlenek azotu – acetylen występują zjawiska jonizacji. Krzem i glin obniżają absorbcję berylu.	Oddziaływania eliminuje zastosowanie potasu w postaci chlorku o stężeniu 0,1%. Dodatek HF redukuje obniżenie absorbcji.
Chrom (Cr)	Absorbancja chromu (III) i (VI) w płomieniu powietrze – acetylen może być znacznie obniżona przez zawartość żelaza w próbce. Fosforany również znacznie zmniejszają absorbcję.	Dodatek chlorku amonu lub zastosowanie płomienia podtlenek azotu – acetylen redukuje oddziaływania. Dodatek wapnia eliminuje oddziaływania fosforanów.
Cyna (Sn)	Kwasy mineralne jony amoniowe, miedź, nikiel, cynk w chłodniejszych płomieniach wpływają znacząco na sygnał cyny.	Zastosowanie płomienia podtlenek azotu – acetylen uwalnia od oddziaływań. W chłodniejszych płomieniach niezbędne jest uwzględnienie we wzorcowaniu matrycy. Zalecane jest stosowanie metody generowania wodorków.
Glin (Al)	Zjawiska jonizacji w płomieniu podtlenek azotu – acetylen.	Roztwór o stężeniu 0,1% potasu lub lantanu w postaci chlorków eliminuje skutecznie te zjawiska.
Kadm (Cd)	Interferencje pochodzą głównie od krzemu.	Należy przy wzorcowaniu uwzględnić matrycę.
Kobalt (Co)	Metale ciężkie wpływają na absorbcję kobaltu, w płomieniu powietrze – acetylen.	Przy wzorcowaniu należy uwzględnić matrycę.
Lit (Li)	Występują zjawiska jonizacji w płomieniu acetylen – powietrze i absorbcja może być znacznie obniżona.	Dodatek 0,1% chlorku potasu redukuje jonizację litu.
Magnez (Mg)	Kwasy utleniające, glin, fosfor, w płomieniu powietrze – acetylen powodują znaczące oddziaływania.	Dodatek 0,1% lantanu lub strontu w postaci chlorków redukuje oddziaływania. Efekty oddziaływań zmniejszone są w płomieniu acetylen – podtlenek azotu jednak wymagany jest dodatek 0,1% chlorku potasu.
Mangan (Mn)	Krzem, żelazo znacząco obniża sygnał manganu w płomieniu acetylen – powietrze. Również wiele metali ciężkich wpływa na absorbcję manganu.	Efekty interferencji eliminuje dodatek 0,2% chlorku wapnia.
Molibden (Mo)	Wapń, stront, żelazo, a także fosforany powodują bardzo istotne obniżenie absorbcji.	W obecności 0,5% chlorku glinu i 0,1% chlorku amonu oddziaływania są zredukowane. Zastosowanie płomienia podtlenek azotu – acetylen znacznie redukuje te oddziaływania.
Nikiel (Ni)	Wysokie stężenia żelaza i chromu obniżają sygnał w płomieniu powietrze – acetylen.	Preferowana jest długość fali 341,5 nm.
Ołów (Pb)	W płomieniu powietrze – acetylen wiele metali ciężkich wpływa istotnie na absorbcję ołowiu np. żelazo.	Do rutynowej analizy preferowana jest długość fali 283,3 nm. Należy przy wzorcowaniu uwzględnić matrycę.
Potas (K)	Występują zjawiska jonizacji w płomieniu powietrze – acetylen absorbcja może być znacznie obniżona. Podobnie obniżają absorbcję wysokie stężenia kwasów mineralnych.	Dodatek sodu, cezu, rubidu lub sodu w ilości 1% w postaci chlorku redukuje jonizację.
Srebro (Ag)	Bardzo wiele interferencji obserwuje się w płomieniu acetylen powietrze. Większe stężenia glinu i kwasów utleniających mogą obniżyć sygnał srebra.	Zaleca się uwzględnienie matrycy przy sporządzaniu standardów.
Sód (Na)	Zjawiska jonizacji w płomieniu powietrze – acetylen powodują znacznie obniżenie absorbcji. Kwasy mineralne również obniżają sygnał sodu. Obecność wapnia powoduje zjawiska emisji CaOH w rejonie długości fali 589 nm – oznaczania sodu.	Dodatek 0,1% potasu lub cezu w postaci chlorku redukuje jonizację.
Wanad (V)	Wyższe stężenia glinu i tytanu, żelaza i fosforanów obniżają sygnał wanadu. Występują również zjawiska jonizacji.	Preferowana jest długość fali trypletu 318,5 nm 318,4 nm i 318,3 nm. Jonizację wanadu można wyeliminować stosując dodatek 0,1% (v/m) chlorku potasu.
Wapń (Ca)	Glin, beryl, krzem, tytan, wanad, cyrkon, a także fosforany i siarczany powodują znaczne obniżenie absorbcji.	Dodatek 0,2% lantanu lub strontu redukuje interferencje. Również zastosowanie uboższego płomienia podtlenek azotu – acetylen redukuje oddziaływania, lecz konieczne jest zastosowanie bufora dejonizującego.

nowej metodą absorpcyjnej spektrometrii oraz inne sposoby eliminacji oddziaływań.

Podsumowanie

Powietrze na stanowiskach pracy w zależności od prowadzonych technologicznych jest bardzo zróżnicowane pod względem składu jakościowego i ilościowego, co sprawia,

że do wyboru metody analizy należy podejść z dużą starannością. W analizie rutynowej powietrza trzeba podjąć wiele działań w celu zapewnienia jakości ostatecznego wyniku, który przecież służy do oceny narażenia na czynniki szkodliwe dla zdrowia.

Absorpcyjna spektrometria atomowa stosowana do oznaczania ilościowego pierwiast-

ków i ich związków uważana jest za metodę selektywną co oznacza, że badany pierwiastek można oznaczać w obecności innych substancji, bez wpływu na ostateczny wynik analizy. Aby jednak metoda ta spełniała wymagania selektywności, muszą być uwzględnione wszystkie zjawiska, które na tę selektywność wpływają. W innym przypadku sygnał

analityczny może być obarczony istotnym i niesystematycznym błędem, co wpływa na powtarzalność i odtwarzalność metody.

W metodzie AAS są rozpoznane interferencje spektralne i niespektralne, które wpływają na wynik końcowy analizy. Eliminacja interferencji spektralnych nie podlega znaczącym działaniom analityka, gdyż np. rodzaj korekcji tła zdefiniowany jest przez producenta spektrofotometru. Interferencje niespektralne mogą być przedmiotem działania analityka. Odpowiednio dobrane warunki analityczne, a szczególnie warunki w płomieniu, stosowany rodzaj wzorcowania uwzględniający matrycę próbek, a w dużej mierze buforów spektralne dodane do atomizowanej próbki i wzorców zmniejszają lub całkowicie eliminują efekty interferencji chemicznych.

Przedstawione przykłady występujących w środowisku pracy substancji powodujących interferencje chemiczne, na etapie analizy ilościowej metodą AAS, wskazują na konieczność ich eliminacji, a przywołane sposoby eliminacji tych oddziaływań wykazują na przydatność i skuteczność stosowanych buforów spektralnych.

Duże ułatwienie w analizie powietrza w środowisku pracy stanowią metody znormalizowane, jeśli w punkcie dotyczącym stosowania metody określają, w jakich warunkach, tzn. w obecności jakich pierwiastków i ich związków może być ona stosowana. Metody znormalizowane są sprawdzone i najczęściej uwzględniają możliwe interferencje, mogące mieć wpływ na wynik końcowy analizy. Nie sposób jednak wyczerpać wszystkich możliwych sytuacji, w których pobierane są próbki powietrza i wszystkich substancji, które występują w przemyśle. Dlatego doświadczenie analityka i jego wiedza mogą być drogą do uzyskania rzetelnego wyniku oznaczenia – zgodnego z rzeczywistym stężeniem substancji chemicznych w powietrzu stanowisk pracy. Ma to w ocenie narażenia największą wartość – wartość zdrowia pracownika.

PIŚMIENICTWO

[1] Spektromeria atomowa – *Możliwości analityczne*, pod redakcją E. Bulskiej i K. Pyrzyńskiej. Malamut, 2007
 [2] Price W. J. *Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption*. Jon Wiley & Sons, Chichester New York-Brisbane-Toronto-Singapore 1983
 [3] Milner B.A., Whiteside P. J. *Introduction to Atomic Absorption Spectrometry*. Published by Pye Unicam Ltd., York Street, Cambridge, England 1981

[4] Surgiewicz J., Domański W. *Narażenie na związki metali w przemysłowych procesach galwanicznych*. „Medycyna Pracy” 2006, 57, 2:123-131
 [5] Matczak W., Przybylska-Stanisławska M. *Oznaczenie dymów i ich składników powstających podczas spawania drutami proszkowymi*. „Medycyna Pracy” 2004, 55, 6:481-489
 [6] *Fizykochemiczne metody kontroli zanieczyszczeń środowiska*. Praca zbiorowa pod red. J. Namieśnika i Z. Jamrógiwicza. WNT, Warszawa 1998
 [7] Surgiewicz J. *Wodorotlenek sodu – metoda oznaczenia*. PiMOŚP 2009, 1, 59:189-194
 [8] Surgiewicz J. *Wodorotlenek potasu – metoda oznaczenia*. PiMOŚP 2010, 1, 63:237-242
 [9] Surgiewicz J. *Bar i jego związki rozpuszczalne – metoda oznaczenia*. PiMOŚP 2011, 1, 67:29-34
 [10] Surgiewicz J. *Mangan i jego związki – metoda oznaczenia*. PiMOŚP 2012, 1, 71:111-116
 [11] Surgiewicz J. *Glin i jego związki – metoda oznaczenia*. PiMOŚP 2011, 1, 67:115-121
 [12] Surgiewicz J. *Tlenek wapnia – metoda oznaczenia*. PiMOŚP 2012, 1, 71:129-133

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.



WISE
WARSAW
**BE WISE.
BE SECURED.**

**MIĘDZYNARODOWE TARGI
TECHNIK ZABEZPIECZEŃ
OCHRONY PRACY
POŻARNICTWA**



**ZAPRASZAMY NA SEMINARIUM
„POSTĘP, TECHNIKA, BEZPIECZEŃSTWO”
19 LISTOPADA 2013**

**19 - 21
listopada
2013
EXPO XXI
WARSZAWA**



wise.lentewenc.com