

Kelátképző cellulóz mikrooszlopos dúsítás a grafitkemencés atomabszorpciós meghatározáshoz

Zihné Perényi Katalin – László Alexandra – Kelkóné Lévai Ágnes*

Bevezetés

A gyakorlati élet egyre kisebb nyomelem-koncentrációk mérését igényli bonyolult mátrixokból, amelyek közvetlen méréssel a legtöbb esetben nem kivitelezhetők. A környezeti minták nyomanalízise két fő akadályt állít az analitikus elé az alkalmazott készüléktől függetlenül. Először, ezek természetes nyomelemszintje a g/dm^3 illetve az alatti tartományba esik. Másodszor, a környezeti minták által meghatározott mátrixok változatosak és gyakran meglehetősen bonyolultak. Az alacsony kimutatási határ szükségessége miatt főként grafitkemencés atomabszorpciós spektrometriát (GFAAS) és induktív csatolású plazma tömegspektrometriát (ICP-MS) alkalmaznak a környezeti minták analízisére. Összetett mátrixban azonban nem érhető el az a kedvező kimutatási képesség és pontosság, mely a GFAAS-t az egyik legérzékenyebb technikává teszi, mivel természetes mintákban a jelenlévő mátrixkomponensek különbözőképpen illó fém-sók képződése révén a mérendő elem jelének alakját valamint megjelenési hőmérsékletét változtatják (elhúzódó vagy kettős csúcsok formájában) és nagy oldottanyag-tartalom a háttér nagyságát növelheti [1]. Ezek a zavaró hatások bizonyos mértékben áthidalhatók pl. mátrixmódosítók alkalmazásával. Sávok, strukturált háttér esetén leghatékonyabbnak a Zeeman-effektuson alapuló háttérkorrektort tartják. Az ICP-MS meghatározás nagy problémája a poliatomos ionok képződése, mely főleg a 80-nál kisebb tömegszámú elemek esetén okoz meglehetősen nagy szisztematikus hibát, így rontja a pontosságot. A mátrix összetevői közül a V egyetlen 51-es izotópját a $^{35}\text{Cl}^{16}\text{O}$, a ^{58}Ni mérését a $^{23}\text{Na}^{35}\text{Cl}$, a ^{60}Ni -ét a $^{23}\text{Na}^{37}\text{Cl}$ és a $^{44}\text{Ca}^{16}\text{O}$ zavarja. Ezek a részecskék a levegő, a tápláló Ar gáz és szennyeződései és a minta mátrix révén kerülhetnek a rendszerbe. Nagy oldottanyag-tartalmú minták analízise további problémákat vet fel, mivel az oldott sók a kónuszok felületén lerakódva eltömítik a nyílást, így jelentős memória-effektus lép fel. A megfelelő oldottanyag-tartalomra hígítva a mérendő elem koncentrációja a kimutatási határ alá csökkenhet.

Ha a mérendő elemet alkalmas formában szilárd fázisban kötjük meg és kisebb térfogatban oldjuk le, nemcsak a fém dúsítását, de egyben a mátrixelemektől való elválasztását is elérhetjük. A kelátképző ioncserélőket, melyek az alkáli- és alkáliföldfémekkel szemben a nehézfémekre szelektívek, gyakran használják on-line rendszerek tölteteként atomspektrometriás detektáláshoz kapcsolva [2]. Célunk áramlásos rendszerű mikrooszlopos dúsítás kidolgozása volt nagy oldottanyag-tartalmú minták grafitkemencés atomabszorpciós spektrometriás és induktív csatolású plazma tömegspektrometriás analíziséhez, különböző funkciók csoportját kelátképző felhasználásával.

Az imino-dieetsav-etilcellulóz (IDAEC) a legtöbb nehézfémvel komplexet képez, ezért sokelemes dúsításra alkalmas. Potenciometriás titrálással meghatároztuk a fém-IDAEC komplexek stabilitási állandóit. Ezen heterogén egyensúlyi állandók ismeretében modellezhető és tervezhető a nyomfémek megkötése különböző mátrixokból [3]. Az eddigi tapasztalatok azt bizonyították, hogy az IDAEC kelátképző ioncserélő megfelelő tulajdonságokkal rendelkezik nyomelemek dúsítására FI on-line rendszerben ICP-AES detektáláshoz [4]. Ugyancsak sikerült hiteles vérszérum mintából a fémnyomok megkötése és mérése FI-ICP-MS módszerrel [5].

Mátrixként a Hunyadi ásványvizet választottuk, amelynek 39,5 g/l szárazanyag-tartalmának nagy részét a kalcium és magnézium kationok és szulfát anion (27 g/l) teszik ki. Célunk az volt, hogy dúsítási módszert dolgozzunk ki, mely alkalmas nagy só-tartalmú minták GFAAS nyomelemzésére normál laboratóriumi körülmények között. Jelen munkánkban kelátképző cellulózokat – az általunk újonnan előállított szulfoxin-cellulózt [6] – és IDAEC-et használtunk Cd, Co, Ni, Pb és V dúsítására.

Kísérleti rész

Atomabszorpciós készülék

A dúsított minták elemtartalmát HGA-600 grafitkemencével és AS-60 mintaváltóval felszerelt Perkin-Elmer 3110 atomabszorpciós spektrométer segítségével határoztuk meg.

A mérési hullámhosszat a „PE Analytical Techniques for GFAAS” kézikönyvnek megfelelően állítottuk be, a bontási és atomizálási hőmérsékletet illetően sem tértünk el lényegesen az abban megadottaktól (1. táblázat).

1. táblázat. A vizsgált elemek mérési hullámhossza és hőmérséklet-programja GFAAS meghatározásnál

	Cd	Co	Ni	Pb	V	
Hullámhossz, nm	228,8	241,0	232,0	283,3	318,4	
Bontási hőmérséklet °C	500	1400	1400	700	1100	
Atomizálási hőm. °C	1500	2500	2500	1900	2650	
Gázáramlás atomizáláskor	Gáz stop					
Lépés	1 Szárítás	2 Szárítás	3 Bontás	4 Hűtés	5 Atomizálás	6 Kifűtés
Hőmérséklet °C	110	180	elem- függő	20	elem- függő	2650
Ramp, s	10	10	5	1	0	1
Időtartam, s	10	30	30	150	5	5

A hőmérsékletprogramban kétlépcsős szárítást találtunk optimálisnak. A Cd, Co, Ni és Pb meghatározásához pirolitikus grafit platformra mértük a mintát és a háttérrel korrigált (deutériumlámpás korrekció) integrált abszorbanciajeleket használtuk fel a mennyiségi kiértékeléshez. A kb. 0,5 M salétromsavas oldatokban ezen fémek mátrixmódosító nélkül mérhetőek voltak. Az eluátumok vanádium-tartalmát 0,1 mg $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -tal pirolitikus grafitról atomizálva háttérkorrekció nélkül határoztuk meg szintén az integrált abszorbanciajelek figyelembevételével.

Felhasznált anyagok

Vegyszereink alt. minőségűek voltak, a 0,2 M HNO_3 -as kalibráló oldatokat Merck AAS standardoldatokból hígítottuk. Az elemzésekhez felhasznált reagensoldatokat IDAEC oszlopos tisztításnak vetettük alá.

Eljárások

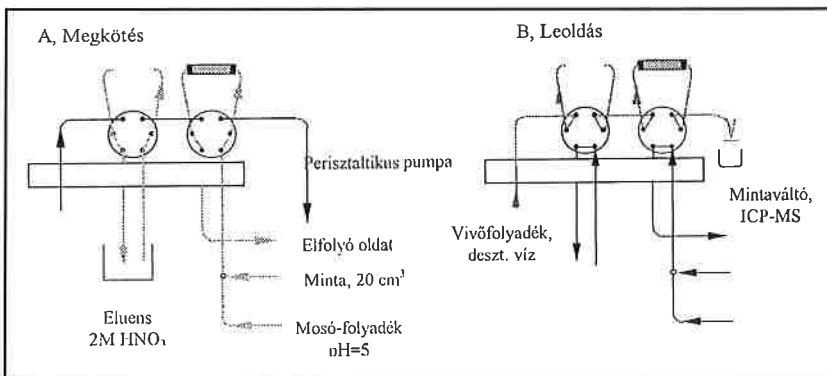
Semi-on-line IDAEC vagy szulfoxin cellulóz mikrooszlopos dúsítás/GFAAS detektálás

A multielemes dúsító berendezés (1. ábra) két szelepet tartalmaz,

* Eötvös Loránd Tudományegyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, 1518 Budapest 112, Pf. 32.

melyek egyszerre mozognak. A többelemes kalibráló ill. minta oldatok (20 cm³, 0,07 M HNO₃) pH-ját 2 M ammónia/ ammónium- acetát pufferrel állítottuk a megfelelő pH értékre 0,1 pH pontossággal. A mintaoldatok esetenként addicionált fémeket illetve 0,002 M vagy 0,02 M citromsavat vagy 0,002 M oxálsavat tartalmaztak.

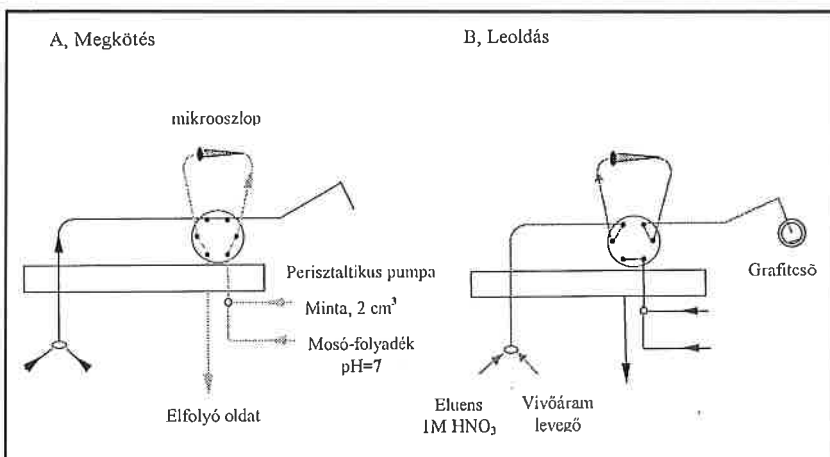
IDAEC- vagy szulfoxin-cellulózzal töltött mikrooszlopon (40 mg cellulóz) kötöttük meg az oldatból a nyomelemeket, majd 2–2,5 cm³ 0,3 M ammónium-acetát pufferrel (pH=5) mostuk le az oszlopról a mátrixkomponenseket. Eközben a 200 µl-es hurok feltöltődött a 2 M HNO₃-val (1. ábra, A). A szelepek átváltásával a vívfolyadék áramába került sav a megkötött fémionokat ellenáramban oldotta le a spektrométer mintaváltójának edénykéjébe (1. ábra, B). A szelepeket visszaváltva a cellulózt a pufferrel ismét NH₄⁺-formává alakítottuk. Egy oszloppal 30–50 dúsítást végeztünk el. A minta átfolyási sebessége 2–2,5 cm³/min, a leoldásé 1 cm³/min volt, melynek állandóságát tömegméréssel ellenőriztük (a hibája 5% alatt volt). Az eluátum térfogatának 0,8–0,95 cm³-re történő csökkentésével 25–30-szoros dúsítást értünk el. A módszer lényegéből fakadóan egy eluátumból több elem atomabszorpciós meghatározása is lehetséges, ha a dúsítás egy minden elem számára megfelelő pH értéken folyt.



1. ábra. Semi-on-line FI mikrooszlopos dúsítás

On-line IDAEC mikrooszlopos dúsítás/GFAAS detektálás

A vizsgálandó oldat (2 cm³, 0,07 M HNO₃) pH-ját 2 M ammónia/ammónium-acetát pufferrel állítottuk a vizsgált elem megkötéséhez ideális értékre, majd 4 mg IDAEC-et tartalmazó kúp alakú mikrooszlopon engedjük át 2 cm³/min sebességgel, végül ammónium-acetát pufferrel (pH=7) mostuk (2. ábra, A). A leoldás – vanádium esetén a módosítót is tartalmazó – 1 M HNO₃-val történt (2. ábra, B), az első 20 µl eluátum többnyire elhanyagolható mennyiségű fémiont tartalmazott. A leoldás körülményeit a 2. táblázat tartalmazza. Kettős leoldás esetén a két oldatrésztlet egymás után szárítottuk be a grafitcsőben. Az oszlop NH₄⁺-for-



2. ábra. On-line FI mikrooszlopos dúsítás

mává alakítása után készen állt az újabb dúsításra. 2–3 perc alatt a minta 100-szoros dúsítása érhető el. Cd esetén a reagensek által okozott szennyezést nem sikerült az on-line detektáláshoz szükséges szintre lecsökkenteni.

2. táblázat. Leoldás az on-line GFAAS detektáláshoz

	Co	Ni	Pb	V(IV)
Elfolyó oldat, µl	20	–	20	20
1. leoldás, µl	20	20	20	50
2. leoldás, µl	–	20	–	50

Eredmények és értékelésük

Teljesítőképesség

A mérési feltételek – pl. savkoncentráció – állandóságának biztosítására és a megkötés időbeni ingadozása hatásának kiküszöbölésére a kalibráló oldatokat ugyancsak dúsítottuk. A módszerek érzékenységének szemléltetésére mutatjuk be a 3. táblázatban a kalibrálás fontosabb paramétereit IDAEC és szulfoxin cellulózon dúsítva.

A görbék lineáris tartománya fél-másfél nagyságrendet ölel fel. A legnagyobb érzékenységű a Cd, ezt követi a Co, majd az Pb és Ni következik, végül pedig a V. Az érzékenységet kvantitatívan kifejező karakterisztikus tömeg (a vizsgált elemekre rendre 6, 13, 10, 30 pg) csaknem a dúsítás mértékének megfelelően csökken: semi-on-line dúsítással (20x) kb. 15-szörös, on-line dúsítással (100x) 50–70-szeres érzékenység érhető el a közvetlen (dúsítás nélküli) méréshez képest. Az általunk kidolgozott módszerek pontosságának ellenőrzésére elvégeztük a NIST 1643c jelű hiteles vízminta analizisét. A Cd méréséhez 100–200-szoros, a többi elemnél 20–40-szeres

hígítás volt szükséges a dúsítás elvégzéséhez. A 4. táblázatból leolvasható, hogy mindhárom eljárás megfelelő egyezést mutatott a bizonylati értékekkel. A mért érték az esetek többségében nem tér el szignifikánsan a hiteles értéktől. Az on-line IDAEC mikrooszlopon meghatározott Co eltérése a várt értéktől a dúsítási módszer elfogadott hibáján (10%) belül van.

Az 5. táblázatban a normál laboratóriumi körülmények között GFAAS detektálással elérhető kimutatási határokat tüntettük fel. Az adatokat elemenként hét párhuzamos dúsítás és mérés alapján, a 3σ kritériumnak megfelelően számítottuk. Mivel a reagensek elkerülhetetlenül érintkeznek a laboratórium légtérrel, a vakérték – és így a kimutatási határ – további csökkenése elérhető lenne a reagensek fokozott tisztítása és a tisztább laboratóriumi levegő útján. Az on-line módszerrel nyert kedvezőbb kimutatási képesség a mintakezelésből és a levegőből eredő szennyezés csökkenésének, valamint a nagyobb dúsítási faktornak köszönhető. Az on-line módszer további előnye a kis minta- és reagens-felhasználás valamint a rövidebb dúsítási idő, mely összehangolható a grafitkemence fűtési programjával.

Ásványvizek analízise

A nagy sótartalmú mátrix hatását a különböző eljárások esetén Hunyadi ásványvíz dúsításával vizsgáltuk. Az ásványvíz mintákhoz ismert kon-

3. táblázat. A vizsgált elemek eredeti oldatra vetített karakterisztikus tömege, vakértékkel ekvivalens koncentrációja és a kalibráló egyenes regressziós koeficiense

	Cd	Co	Ni	Pb	V
<i>Semi-on-line IDAEC / GFAAS</i>					
Regressziós koeficiens	0,9990	0,9986	0,9982	0,9995	0,9998
Vakértékkel ekv. konc., µg/dm ³	0,0066	0,067	0,22	0,22	0,37
Karakterisztikus tömeg ^a , pg	0,022	0,49	0,55	0,89	1,38
<i>Semi-on-line szulfoxin / GFAAS</i>					
Regressziós koeficiens		1,000	0,9943	0,9984	0,9962
Vakértékkel ekv. konc., µg/dm ³	0,42	0,17	1,19	0,31	0,75
Karakterisztikus tömeg, pg	0,038	0,45	1,09	0,75	2,02
<i>On-line IDAEC / GFAAS</i>					
Regressziós koeficiens		1,000	0,996	0,9992	0,9998
Vakértékkel ekv. konc., µg/dm ³		0,10	0,17	0,05	0,75
Karakterisztikus tömeg, pg		0,22	0,19	0,18	0,43

A táblázat 3-8 kalibrálás adatainak átlagát tartalmazza

^a 20 µl mintaoldat injektálására vonatkoztatva

4. táblázat. NIST 1643c jelű hiteles vízmintára nyert FI-GFAAS elemzési eredmények egyezése a hiteles adatokkal

Elem	A hígítatlan minta koncentrációja, µg/dm ³ (SD)			
	Semi-on-line IDAEC	Semi-on-line Szulfoxin-cell.	On-line IDAEC	Hiteles érték
Cd	11,2 ± 0,4	11,4 ± 0,23		12,2 ± 1,0
Co	24,0 ± 1,3	24,1 ± 0,31	24,8 ± 0,21	23,5 ± 0,8
Ni	66,8 ± 1,3	57,2 ± 3,8		60,6 ± 7,3
Pb	34,9 ± 3,54	33,1 ± 1,14	32,4 ± 1,3	35,3 ± 0,9
V	29,7 ± 4,3	31,9 ± 0,9	31,8 ± 5,6	31,4 ± 2,8

Az adatokat 3 párhuzamos dúsítással nyertük

5. táblázat. Kímutási határok GFAAS detektálással, g/dm³

Elem	Semi-on-line IDAEC	Semi-on-line Szulfoxin-c.	On-line IDAEC
Cd	0,009	0,004	
Co	0,083	0,134	0,058
Ni	0,250	0,350	0,062
Pb	0,110	0,063	0,022
V	0,081	0,244	0,067

6. táblázat. Adagolt nyomelemek visszanyerése Hunyadi ásványvízből a különböző dúsítási eljárásokkal

Elem	Semi-on-line IDAEC	Semi-on-line Szulfoxin-c.	On-line IDAEC
Cd	108	104	
Co	88	95	95
Ni	92	92	
Pb	104	90	85
V	89	80	91

Dúsítás pH=5 beállításával

7. táblázat. Nyomelemek visszanyerése Hunyadi ásványvízből semi-on-line IDAEC dúsítási eljárással

Elem	0,002 M citrát	0,02 M citrát
Cd	111	114
Co	89	87
Ni	98	79

8. táblázat. A vizsgált ásványvizek Co-tartalma

Co	Körülmények	Koncentráció, ppb		
		Standard addícióval	Kalibrációval	SD
Hunyadi 1		-	4,70	
Hunyadi 1 + 0,002M citrát		5,83	5,29	
Hunyadi 1 + 0,02M citrát		5,70	5,32	
Hunyadi 2		0,93	0,79	0,09
Hunyadi 3 Szulfoxin cell ^a		1,95	1,75	0,085
Hunyadi 4 On-line ^b		0,36	0,37	0,019
Ferenc J.			1,17	0,01
Ferenc J. + 0,02M citrát		1,31	1,29	
Ferenc J. + 0,002M citrát		1,79	1,68	0,078
Mira		1,82	1,54	0,04
Salvus		0,30	0,31	-

^a Semi-on-line szulfoxin cellulóz mikrooszlopos dúsítás GFAAS meghatározással.

^b On-line IDAEC mikrooszlopos dúsítás GFAAS meghatározással

9. táblázat. A palackozott ásványvizek nyomelem-tartalma

Ásványvíz	Cd	Ni	Pb	V
Hunyadi 1	0,094	5,89	0,35	1,27
Hunyadi 2	0,129	3,94		
Hunyadi 3	0,259	5,08	0,35	0,8
Hunyadi 4			0,22	0,63
Ferenc J.	0,121	5,5	<0,11	0,95
Salvus	0,024	1,08	1,54	2,24
Mira	0,038	9,6	0,72	

A kobbakra vonatkozó eredmények a 8. táblázatban találhatóak.

centrációban nyomelemeket adagoltunk és dúsítás alkalmazásával elvégeztük az elemzést. A standardoldatok dúsításával kapott kalibrációval mért koncentrációnövekményt viszonyítottuk az ismerthez, a 6. táblázatban látható visszanyerési adatok számításához.

Huminsavak jelenlétét modelleztük 0,002 és 0,02 M citrát hozzáadásával. A kalibrálást ekkor 0,002 M citrát-tartalmú standardoldatok dúsításával végeztük el. Mivel a citrát nem csökkent jelentősen a fémek megkötését, citrátos közegből dúsítva nem tapasztaltunk jelentős eltérést a visszanyerésben (7. táblázat). A minták vanádium-tartalma citrátos közegből nem kötődik meg.

A megfelelő visszanyerési értékekből látszik, hogy a legtöbb esetben kalibrációval mérhető a nyomelemek mennyisége. Amennyiben a visszanyerés kevesebb 85%-nál (pl. V/Hunyadi/szulfoxin-cell., Ni/Hunyadi+0,02 M citrát/IDAEC), a pontos meghatározás elvégezhető standard addíció alkalmazásával.

A kidolgozott eljárásokat a Hunyadi ásványvíz mellett sikeresen alkalmaztuk egyéb nagy oldottanyag-tartalmú gyógy- és ásványvizek, valamint geológiai vízminták elemzésére is (8.-9. táblázat). A minták Mg-, klorid-, szulfát- és hidrogénkarbonát-tartalma 6-7 nagyságrenddel meghaladja a vizsgált nyomelemek mennyiségét. A Mira ásványvíz kisebb sótartalma ellenére valószínűleg olyan komplexképzőt tartalmaz, mely a Ni és V megkötését gátolja. A nikkeltartalom pontos meghatározá-

sa azonban addíciós módszerrel elvégezhető. Vanádium esetén a visszanyerés (kb. 50%) mértéke megkérdőjelezi az addíció használhatóságát is. A vizsgált elemek közül a V a legérzékenyebb a komplexképzők jelenlétére, az ásványvizek összetevői jelentős mátrixhatást okoznak.

Az ismételt dúsítások eredményeinek szórása általában 5% alatt volt, de nem haladta meg a 10%-ot. A kalibrálás módja, és a hozzáadott citrát nem befolyásolta jelentős mértékben az analízis eredményeit. Ezt példázza a 8. táblázat a Co adatain keresztül.

A Hunyadi ásványvíz nyomelemtartalma üvegről üvegre változott, ezért az egyes üvegeket megszámoztuk, amit a táblázatokban is megjelenítettünk. Ennek következtében a különböző eljárásokkal mért koncentrációk többnyire nem hasonlíthatók össze.

Az ásványvizekben talált koncentrációk (9. táblázat) legtöbb esetben több, mint ötszörösen meghaladják a kimutatási határokat, így mindhárom dúsítási eljárás alkalmas hasonló minták elemzésére.

Összegezve megállapítható, hogy az esetek többségében a fémek meghatározására elegendő a dúsítás alkalmazásával nyert kalibráló görbe használata. A kivételt képező esetek visszanyerési próba alapján kiválaszthatók. Ekkor a standard addíció szolgáltat pontos eredményt.

A kidolgozott módszerek gyakorlati jelentősége

A dúsítási eljárással a direkt módszer méréshatárát kitolhatjuk kisebb koncentrációk felé. Reális minták analízisének a különböző mátrixú minták azonos összetételű mintákká alakíthatók, így különböző összetételű minták egyazon kalibráló sorral szemben kvantitatív analízisre alkalmasak. A direkt módszer optimális koncentrációtartománya alatt dúsítással növelhetjük a precizitást és a pontosságot.

Az IDAEC, mint kelátképző cellulóz, jól alkalmazható áramló rendszerű dúsításhoz, mivel a gyanta alapú ioncserélőkhöz képest a komplexképződés gyorsabb, és a megkötött fémek erős savval könnyen leoldhatók, így reprodukálhatóan kicsi vakértéket érhetünk el. A vizsgált

fémionokkal olyan stabil komplexeket képez, hogy még komplexképző mátrix (citrát, huminsavak) jelenlétében is alkalmas ezen fémionok megkötésére. Szelektivitása alkalmassá teszi a nyomnyi mennyiségű fémek kivonására alkáli- és alkáliföldfém mátrixból (ásványvizek, tengervíz).

Összefoglalás

Semi-on-line és on-line flow injection (FI) mikrooszlopos dúsítást dolgoztunk ki Cd(II), Co(II), Ni(II), Pb(II) és V(IV és V) grafitkemencés atomabszorpciós meghatározására nagy oldottanyag-tartalmú mintákból. Vizsgáltuk a dúsítás hatásfokát iminodiacetsav- és szulfoxin-csoportokat tartalmazó kelátképző cellulózokon. A nagy mátrix- és komplexképző-koncentráció többnyire nem befolyásolja a fémionok megkötődését. A kimutatási határok 0,004 g/l (Cd/szulfoxin-cellulóz) és 0,350 g/l (Ni/szulfoxin-cellulóz) közé esnek.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni Tóth Károlynének a gyakorlati feladatok lebonyolításában nyújtott segítségével. A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatta (OTKA No. A196/95/450).

Hivatkozások

1. Welz, B., Sperling, M., *Atomic Absorption Spectrometry*, III. Edition, Wiley-VCH Weinheim, 1999
2. Fang, Z. *Flow Injection Atomic Absorption Spectrometry* John Wiley & Sons, New York, 1995.
3. Zs. Horváth, A. Lásztity, K. Zih-Perényi, Á. Lévai, *Microchem. J.*, 1996, 54, 391.
4. Caroli, S., Alimonti, A., Petrucci, F., Horváth, Zs. *Anal. Chim. Acta*, 1991, 248, 241.
5. Zihné Perényi K. "Kelátképző cellulóz mikrooszlopos dúsítás atomspektrometriás detektáláshoz", Ph.D. értekezés, 2000
6. Zih-Perényi, K., Lásztity, A., Horváth, Zs., Lévai, Á. *Talanta*, 1998, 47, 673.

Gépészet 2000 – intelligens gépek – új anyagok – új eljárások

Másodízben rendezte meg május 25–26-án a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kara a gépészet országos fórumának szánt rendezvényét a hagyományteremtés szándékával és azzal a céllal, hogy két évenként áttekintést adjon a szakterület kutatási-fejlesztési eredményeiről elősegítve az eredmények alkalmazását, az egyetemi és a vállalati fejlesztő műhelyek egymásra találását, együttműködését.

A felvezető plenáris ülésen egyrészt honi gazdaságunkról egy áttekintő értékelést, másrészt, a konferencia alcímeivel összhangban, két szakmai helyzetképet és fejlesztési irányokat összefoglaló előadást hallottunk.

Honig Péter, a Gazdasági Minisztérium helyettes államtitkára a társadalmunk korszerűsítését és életkörülményeinek javítását célul kitűző gazdasági stratégiánk fő tényezőit – a gyors és kiegyensúlyozott növekedés, a versenyképesség fokozása, a fejlődési egyenlőtlenségek csökkentése, az EU-csatlakozás és a tudásalapú társadalom feltételeinek megteremtése – kiemelve a már megmutatkozó eredményeinkről szólt. Rámutatott, hogy a privatizáció és a jelentős összegű külföldi tőke folyamatos bevonása gazdaságunk szerkezetét olyanná alakította, hogy versenyképességünket a világranglistán a 41. helyről (1995) ma már a 26. helyre (1999) sorolják, és a hazai GDP úgy érte el 1999-ben az 1989-es szintet, hogy ehhez 25%-kal kevesebb energiát használtunk fel és jelentősen nőtt a termelékenységünk. Kiugróan jó a hazai gépipar részese-dése gazdaságunk eredményeiből, ám ez 80%-ban a multinacionális cégek (főleg az autó- és az elektronikaipar) teljesítményének, termékeik dinamikus növekvő külföldi értékesítésének köszönhető. A hazai vállalatok versenyképességének a javítása és – még beszállítóként is – az önálló innováción alapuló termékínálatra törekvésük támogatása ezért kiemelten fontos feladat. A stratégiai célok megvalósítását segíti a formálódó Széchenyi-terv, amelynek súlyponti témái között szerepel: az

otthonteremtés támogatása, az autópálya-építés, a kis- és középvállalatok fejlesztése, a minőségügy támogatása (szabványok, irányelvek honosítása, díjak és pályázatok révén), környezetünk állapotának a javítása (az energiatakarékos eljárások, a környezetvédelmi ipar, a hulladékgazdálkodás támogatásával).

Gyulai József akadémikus a Speciális anyagok iránti követelmények a harmadik évezred elején című előadásában rámutatott, hogy a földi átlaghőmérséklet 1–2 °C-nál nagyobb növekedésének az elkerüléséhez a jelenlegi energiaigényünket legalább egyharmadával csökkentenünk kell. Ezért az anyag- és környezettudomány együttes feladata a termelési és a fogyasztási folyamatok zárt, hulladékmentes ciklussá alakítása. Továbbá, ahol csak lehet a felesleget eltávolító (ún. top down) helyett az építkező (ún. bottom up) technológiai filozófiát kell követni. A mikro- és a nanotechnológiák ez utóbbi elvet követik a mikroelektronikai és a mikroelektromechanikai eszközök illetve a minigépek előállításához. A példák sorában megemlítette a BME Kísérleti Fizikai Tanszéken – az EU 5. keretprogramja támogatásával – kifejlesztett, 300 μm széles és 30 μW/°C teljesítménnyel 600 °C-ig felfűthető „minirezsozt”, amely a katalitikus gázzszenzorra beépíthető.

Az anyagtudomány új korszakát az atomi szintű vizsgálatok lehetősége (például a pásztázó alagútmikroszkóp – scanning tunnel microscope, STM) és a technológiai, a funkcionális és a logikai szimulációt lehetővé tevő számítógépesítés jellemzi, valamint az, hogy a szerkezeti anyagok – különösen a kerámiák és a polimerek – fejlesztése mellett az érdeklődés súlypontja a funkcionális anyagok felé tolódott, mint amilyenek a piezo- és a ferroelektromos, a mágneses, a szupravezető vagy az alakemlékező tulajdonságokkal bíró anyagok, valamint az informatika növekvő igényeinek a kielégítését szolgáló felvezető optikai és nano-

Folytatás a 102. oldalon!