

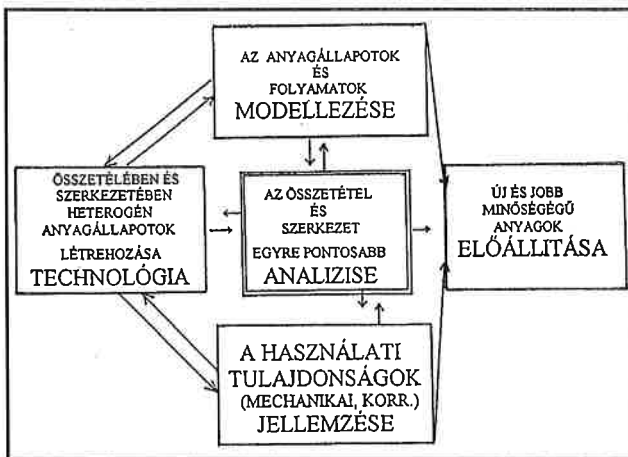
A szilárd testek analitikai módszerei az anyagok minőségbiztosításának és fejlesztésének nélkülözhetetlen eszközei

Csanády Andrásné

Ismeretes, hogy a technikai fejlődés során a tudományterületek állandó változásban vannak és a *szükségleteknek* megfelelően egymást kiegészítve új lehetőségeket kínálnak. Így született meg az *anyagtudomány* az elmúlt évtizedekben. Az anyagtudomány a szilárd testek *mikro- és makroszerkezetére* vonatkozó alapvető szilárdtestfizikai és szilárdtestkémiai ismeretek feltárásával *megmagyarázza az anyagi tulajdonságokat* és azokat alkotó módon *továbbfejleszti*. A felhasználás szempontjából *optimális anyagi tulajdonságok* kialakítása és a kialakított *anyagi minőségek biztosítása* csak a kémiai összetételre és szerkezeti sajátosságokra vonatkozó *szigorú szabályok betartása* útján lehetséges.

Technológiai eljárásaink során – kevés kivételtől eltekintve – *összetélteli, szerkezeti, és morfológiai szempontból heterogén* anyagok jönnek létre. Így az összetétel és szerkezet hagyományos, az anyagok nagyobb részleteinek egészére vonatkozó kémiai és fizikai vizsgálo eljárásai nem tájékoztatnak kielégítő mértékben a mikroszerkezetről, a mikrorészletek összetételéről és morfológiájáról. Nem kétséges, hogy a *hagyományos kémiai, fizikai és mechanikai anyagvizsgálat*, a különböző anyagok egyéb "használati tulajdonságainak", pl. korróziós tulajdonságainak megismerése mellett szükség van az anyagok legegyszerűbb építőelemeinek analizisére, hogy azután a *matematikai modellezés eszközeit* is alkalmazva új és megbízhatóan reprodukálható, jó minőségű anyagokat állíthassunk elő.

A szilárdtestvizsgáló eljárásoknak igen széles skálája ismeretes. Az *anyagtudomány* alapvető feladata, hogy e módszerek segítségével az *anyagi tulajdonságok szempontjából meghatározó jellemzőket*, a *változásokra legérzékenyebb paramétereket ragadja meg*. Az összetétel és szerkezet mind részletesebb tisztázásában egyre fontosabb szerephez jutnak a *felületanalitikai módszerek* is. (1. ábra)



1. ábra. A tudományos kutatás-fejlesztésen és a korszerű minőségbiztosításon alapuló termelés működése

Az anyagok atomi felépítése, szerkezete és az ezzel szorosan összefüggő kémiai összetétele, a heterogén anyagokat felépítő fázisok és ezek kiterjedésének ismerete mind függ a szerkezeti és összetélteli homogenitás és heterogenitás vizsgálatához alkalmazott módszerek úgynevezett *felbontásától* (laterális, mélységi stb.). A módszerek fejlődése, felbontásának, megbízhatóságának és pontosságának szüntelen növelése nélkül a *technológiai fejlesztés is elképzelhetetlen*.

A *kristályos* anyagokat a rács építőköveinek (az atomoknak, ionoknak, molekuláknak) kapcsolódásában érvényesülő meghatározott *hosszú távú rend jellemzi*. Ezeknél az anyagoknál a vizsgálatok célja az *ideális szerkezet* segítségével, a *különböző rács hibák folytán* *tényle-*

sen létrejövő szerkezet megismerése. Az *amorf* szilárd testeket, mint pl. az üveget, az amorf fémeket csupán az atomok, ionok ill. molekulák *rövid távú rendezettsége* jellemzi. Ma már ismeretesek a *kristályos és amorf anyagok közé besorolható anyagok* is (pl. bizonyos szerves polimerek vagy az úgynevezett kvázikristályos (intermetallikus) anyagok.)

A tömörszerű vagy „bulk” szilárd anyagok szerkezetét a szilárdtestvizsgáló módszerekkel csak *felületük közvetítésével* vizsgálhatjuk, azaz a *szilárdtestvizsgáló eljárások esetében mindig az anyag legközelebbi felületét illetve egy nagyon vékony rétegét vizsgáljuk*.

A szilárd anyagokban található *elemek, ezek kémiai állapotainak mibenléte, eloszlásuk* is csak a *felület útján közelíthető meg*.

A szilárd testek jó néhány *fizikai és kémiai tulajdonsága* is a felület milyenségével (annak geometriájával, elektronszerkezetével stb.) van összefüggésben.

Fontos nemcsak a tiszta felületek, de az idegen atomokkal fedett felületek analizise is (pl. korróziós folyamatok, katalitikus folyamatok vizsgálata)

A szilárdtestvizsgáló módszereket és tárgyalásukat a legkülönbözőbb szempontok szerint lehet csoportosítani:

- A gerjesztő sugárzás (részecske) természetére szerint
- A gerjesztő sugárzás (részecske) és az anyag részecskéi közötti kölcsönhatás természetére szerint (rugalmas–rugalmatlan ütközés)
- A kiváltott jelek, a detektált sugárzás mibenléte szerint
- A jelek természetére és ebből következő *feldolgozási módja* szerint: diffrakció - spektroszkópia.

A *vizsgálóberendezések alapján* elsősorban a leggyakoribb kombinációk, a képalkotás és detektálás lehetőségei szerint stb.

A 2. ábra összefoglalja a legfontosabb szilárdtestvizsgáló módszereket. A csoportosítás a gerjesztő sugárzás és a detektált sugárzás természetét veszi alapul, ezért ebbe a táblázatba nem illeszthető be az újabban egyre jobban elterjedő, legújabb, a táblázat után kiemelten felsorolt STM és AFM eljárás.

DETEKTÁLT SUGÁRZÁS	GERJESZTŐ SUGÁRZÁS			
	hv(fény)	hv(röntgen)	e ⁻	ion
hv (fény)	FM			
hv (röntgen)		XRF XRD	EPMA	
e ⁻			TEM SEM EELS AES	
ion		PIXE		IMMA, SIMS, RBS
ÚJ TECHNIKÁK: STM (PÁSZTÁZÓ ALAGÚT MIKROSKÓPIA) AFM (ATOMI ERŐ MIKROSKÓPIA)				

2. ábra. Szilárdtestvizsgáló módszerek

RÖVIDÍTÉSEK:

XRF
XRD
ESCA(XPS, UPS)
AES
ESMA
TEM
SEM
EELS
SIMS
IMMA
RBS

RÖNTGENFLUORESCZENS ANALÍZIS
RÖNTGEN-DIFFRAKTOMETRIA
FOTOELEKTRON SPEKTROSKÓPIA
AUGER ELEKTRON SPEKTROSKÓPIA
ELEKTRONSUGÁRÁS MIKROANALÍZIS
TRANSMISSZIÓS ELEKTRONMIKROSKÓPIA
PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓPIA
ELEKTRON-ENERGIAVESZTESÉGI SPEKTROMETRIA
SEKUNDER ION TÖMEGSPEKTROMETRIA
IONSUGÁRÁS MIKROANALIZÁTOR
RUTHERFORD-VISSZASZÓRÁS

TULAJDONSÁG	ESMA	AES	ESCA	SIMS
MELY ELEMEK KIMUTATÁSÁRA ALKALMAS?	Z>3 EDS (Z>1)	Z>2	Z>1	TELJES PERIÓDUSOS RENDSZER
A KÉMIAI ÁLLAPOTRA VONATKOZÓ INFORMÁCIÓ	KORLÁTOZOTT	ÁTTÉTELES	SZÉLESKÖRŰ	KORLÁTOZOTT
HONNAN JÖN AZ INFORMÁCIÓ? (A)	RENDSZÁMTÓL ÉS kv-TÓL FÜGGŐEN ~10.000	15	50	NÉHÁNY MONORÉTEG
ÉRZÉKENYSÉG MONORÉTEGBEN	-	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻⁶
ÉRZÉKENYSÉG g/cm ²	10 ⁻⁷ (10 ⁻⁶)	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	10 ⁻¹³
MÉLYSÉGI FELBONTÁS PORLASZTÁSTÓL FÜGGŐEN	~0,5 μm	2-20 nm	2-20 nm	2-20 nm
DETEKTÁLÁSI HATÁR (g)	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹⁴	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁸
AZ ELEMEK KÖZÖTTI ÉRZÉKENYSÉG-ELTÉRÉSI FAKTOR	10	10	10	10 ³
LEHET-E KVANTITATÍV ELEMZÉST VÉGEZNI?	IGEN	NEHEZEN	IGEN	ALIG
AZ ELEMZÉS IDŐIGÉNYE	KICSI	NAGY	KICSI	NAGY
VÁKUUM (TORR)	~10 ⁻⁶	<10 ⁻⁹	<10 ^{-(6,9)}	<10 ^{-(8,9)}
RONCSOLÁS MENTES-E AZ ELJÁRÁS?	IGEN	IGEN	IGEN	NEM
KÉPALKOTÁS LEHETSÉGES?	IGEN (SEM)	IGEN (SEM)	KÍSÉRLETI SZINTEN	IGEN (IPMA, IMMA)

3. ábra. Négy fontos felületkémi-analitikai eljárás összehasonlító adatai

A 3. ábrában négy fontos, hazánkban is megtalálható felületanalitikai eljárás legjellemzőbb adatait hasonlítjuk össze.

A fejlődés a biológiában és a technikában egyaránt a rendszerek felület/térfogat, azaz F/V hányadosának növekedésével jár együtt. A felhasznált nyersanyag mennyiségének csökkentése mind erőteljesebb gazdasági kényszerűséggé válik, ebből szükségszerűen következik a szerkezeti anyagok szilárdságának növelésére irányuló fejlesztés. A szilárdság növelése végső soron növeli az adott rendszer, azaz tárgy felületének arányát a benne feldolgozott anyag térfogatához viszonyítva. Hasonló eredményre vezet a miniatürizálásra való törekvés is. Fentiek, továbbá a felületek minősége iránt fokozódó követelmények folytán is egyre növekszik az érdeklődés a felületek tulajdonságai iránt.

Irodalom:

Czanderna, A. W.: *Methods of Surface Analysis*, Elsevier, New York, 1975.

Brümmer, O., Herydenreich, J. Krebs, K.H., Schneider H.G.: *Szilárd testek vizsgálata elektronokkal, ionokkal és röntgensugárral*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.

Amelinckx, S., van Dyck, D., van Landuyt J., van Tendeloo G.: *Handbook of Microscopy*, VCH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge, Tokyo, 1997.

Magonor, S.N., Whangbo, M.-U.: *Surface Analysis with STM and AFM*, VCH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge, Tokyo, 1997.