

zivéletlen” ütemben megszagatjuk egy direkt geometriában szokásos elrendezésű spektrométerben, és a szagatás utáni neutronnyaláb intenzitásának időfüggését leíró és a detektoron mért neutronintenzitás időbeli eloszlását képező függvény keresztkorrelációját képezzük, úgy az eredmény a mintáról szórt neutronok (kétdimenziós) spektrumát (beeső neutronenergia + energiaváltozás) adja. Az eredmény tehát az, hogy a szagatás miatti intenzitásvesztésget (~50%) leszámítva az összes szórt neutront detektáljuk. Ily módon a berendezés fényerőssége jelentős mértékben megnövelhető.

Ezen az elven működő spektrométert építettünk az impulzusreaktornál, amelyet az utóbbi időben a már említett folyadékkristályos anyagok mikrodinamikájának, ezen belül a diffúziós, továbbá a kollektív mozgások tanulmányozására használtuk fel.

Mind a szerkezetmeghatározással, mind a vizsgált mintákban lezajló atomi, ill. molekuláris mozgások tanulmányozásával olyan feladatokat oldottunk meg, amelyek szervesen kapcsolódnak és jól kiegészítik az említett témákban hazai kutatóhelyeken folyó munkákat.

Érdekes szilárdtestfizikai vizsgálatok folynak Dubnában az ott üzemelő nehézion gyorsítóknál is. Célnk itt a gyorsító által előállított nagyenergiájú nehéz ionoknak pl. fémekbe, vagy ötvözetekbe történő implantálása a nagy ionenergiák által lehetővé tett nagy mélységekbe azzal a céllal, hogy más módon nem előállítható ötvözetekhez jussunk. Ezen ötvözeteken azután különböző szilárdtestfizikai méréseket végzünk, például a keletkezett ötvözet plasztikus tulajdonságainak megismerése céljából.

Az EAI induláskor alapvetően mag- illetve részecskefizikai intézet volt. A szilárdtestfizikai kutató-sok megjelenése egybeesik a magfizikai módszerek ilyen irányú felhasználásának világszerte tapasztalt elterjedésével. Számunkra a dubnai unikális berendezések ilyen irányú felhasználása olyan kutatások előtt nyitotta meg az utat, amelyek a pusztán hazai eszközökön alapuló kutatómunka talaján teljesen lehetetlenek lettek volna. E vizsgálatok — azon felül, hogy szervesen illeszkednek a hazai kutatási programba — jól beépültek az EAI kutatási terveibe is. Legeredményesebben e munkákat kiküldött csoportjaink végzik, amelyekben azonban helyet találnak más EAI tagországok kutatói is. Más esetekben magyar kutatók kapcsolódnak be egyéb — elsősorban szovjet — csoportok munkájába.

Természetesen e rövid ismertetés még az olyan munkáknak és lehetőségeknek is csak egy töredékét sorolta fel, amelyekben magyar kutatók is részt vesznek, nem beszélve azon témákról, amelyek magyar részvétel nélkül folynak az EAI-ban.

A szocialista országoknak ezen első, immár 30 éves közös intézete a kétségtelenül értékes eddigi tudományos eredményeken túl jelentősen hozzájárult az országaink közötti tudományos kapcsolatok erősödéséhez, egymás megismeréséhez és megbecsüléséhez. Ezért jelentősége messze túlnő az általa nyújtott tudományos kutatási lehetőségeken.

SPECIÁLIS FELÜLETEK — FELÜLETI SPECIALITÁSOK

Sz. Csih Zsuzsanna
BME Technológia Tanszék
Szász András, Kojnok József
ELTE Szilárdtest Fizikai Tanszék

Aktualitás

Napjainkban az ipar és a kísérleti fizika egyre szélesebb területei követelik meg a speciális felületek létrehozását. Kemény, kopásálló, különleges csúszású és rugalmasságú, hő- és korrózióálló felületkialakítások segítségével ugyanis lehetőség nyílik:

- a felhasznált anyagok minőségének javítására;
- új, speciális felhasználói igényekkel jelentkező munkaterületek ellátására;
- az egyre szélesebb alkalmazási perspektívák feltárására.

A speciális felületkialakítások gyakran teszik szükségessé különleges technológiáknak és anyagoknak az alkalmazását. Ennek ellenére a létrehozott felhasználási tulajdonságok alapján megfelelnek korunk szigorú takarékosági intézkedéseinek is.

- Optimális felületkialakítással elérhető, hogy az olcsóbb, gyengébb tömbi tulajdonságokkal rendelkező anyagok munkafelületét tegyük értékes tulajdonságúvá és jelentős mennyiségű drága ötvözőt takarítsunk meg.
- Megfelelő, kopásálló bevonat alkalmazásával biztosítható a szerszámok és alkatrészek hosszabb élettartama.
- A forgácsolási teljesítmény jelentősen növelhető, ez hatékonyabb élőmunka felhasználást tesz lehetővé, növeli a termelékenységet.
- Számos esetben a tömbi anyagok, felületük felhasználódása után újra, pontos mérettartással bevonatolhatóak, a termelésben újra felhasználhatók.
- Helyesen megválasztott szerszámfelületekkel egyidejűleg növelhető a forgácsolási teljesítmény és a megmunkált felület minősége.

- A jobb siklasi tulajdonságú felületek jelentős energiamegtakarítást eredményezhetnek a súrlódási veszteségek csökkentése révén.
- Megfelelően összeegyeztethetők a mechanikai és korrózióvédelmi követelmények.
- A korszerű felületkezelési technológiák alkalmazása összhangba hozható a környezetvédelmi törekvésekkel.
- Olyan extra igényeknek is, mint pl. a stratégiai anyagok kommersz anyagokkal történő helyettesítése, a modern felületkialakítások egész sora tud megfelelni.

A széles körű felhasználhatóság és a jelentős gazdasági haszon következményeként szerte a világon, különösen az iparilag fejlett országokban intenzív kutatás folyik a felületkialakítások és azok alkalmazása területén.

A felületkialakítások technikája valójában igen hosszú múltra tekint vissza. Gondoljunk például a híres és utólrétegetlen damaszkuszi pengére, amelynek felületnitridálását pálmalevél-csomagolással oldották meg; vagy a különleges felület-kérgesítésű használati tárgyakkal, ipari- és hadifelszereléseknek a sokasága, amelyeknek az előállítása monopolitokként apáról fiúra szállt; vagy a napjainkban is kiterjedten használt technológiákra, a galvanizálásra, a fém-, gázközegből történő diffúziós felületnemesítésre stb.

A jó minőségű felületkialakítás problémája tehát tradicionálisan élő, megoldandó ipari és kutatási feladat volt és az ma is. Ehhez azonban az utóbbi években több olyan lehetőség jelent meg, vagy vált rentábilissá, mely forradalmasította a területet. Az alapkutatások eredményei az ipari felhasználással szoros kölcsönhatásban rendkívüli módon felgyorsították az alkalmazási folyamatokat, kitágították a lehetőségeket.

Ahhoz, hogy egy felületi réteg betöltse szerepkörét, megválasztásához és előállításához ismernünk kell:

- azokat a működési és kölcsönhatási folyamatokat, amelyek a felületi rétegre hatnak;
- azokat a technológiákat, amelyekkel a kiválasztott anyagok a kívánt minőségben felületi réteggé kialakíthatók;
- azokat az eljárásokat, melyekkel a rétegek ellenőrizhetők és továbbfejleszthetők;
- azokat a gazdasági szempontokat, amelyek figyelembe veszik a beruházás költségeit a kihasználási fokon keresztül a tényleges produktumig.

A felületekkel szemben támasztott követelmények a következő főbb csoportokba foglalhatók össze:

- kopásállóság/keményiség növelése;
- súrlódáscsökkentés, a siklasi tulajdonságok javításával;
- korrózióállóság fokozása;
- hőállóság növelése;
- egyéb szempontok: felületminőség javítása, esztétikai szempontok, utómegmunkálás elkerülése,

elektromágneses tulajdonságok optimalizálása stb.

Technológiák és felülettipusok

A különböző technológiákkal kialakított felületek tulajdonságai erősen függenek:

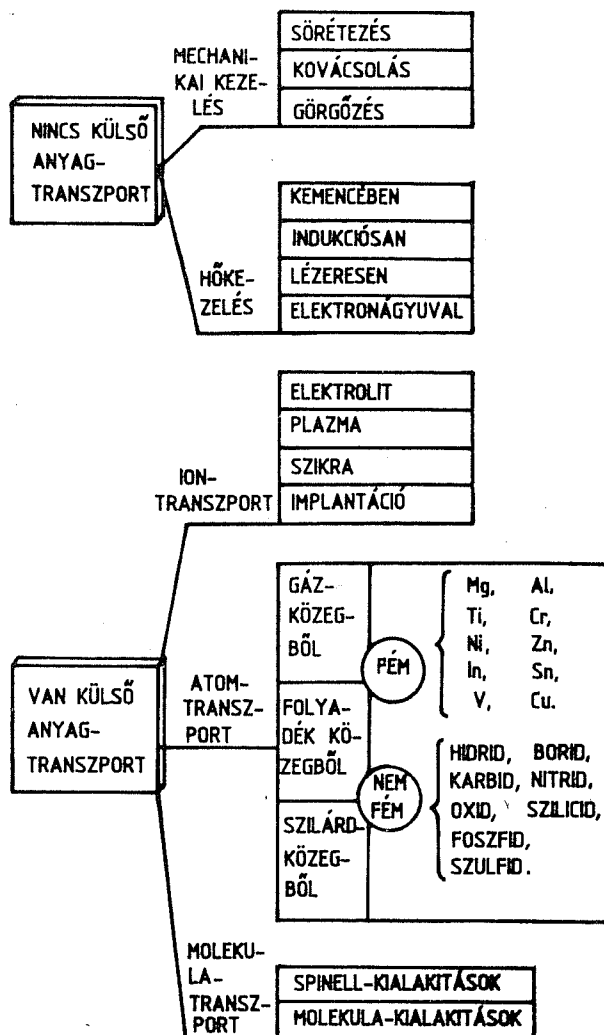
- az alapanyagtól,
- a felületi technológia módjától,
- az utólagos megmunkálásoktól (pl. hőkezelés).

A célnak megfelelő felületi réteget kialakíthatjuk úgy, hogy:

- módosíthatjuk a tömbi anyag felületi rétegének szerkezetét, összetételét, vagy egyszerre mind a kettőt,
- idegen anyagú bevonatot viszünk fel a tömbi anyagra,
- az előző kettőt kombináljuk egymással.

Ebben a csoportosításban tulajdonképpen az elfoglalt réteghelyzet alapján teszünk különbséget:

- ha az új felület az eredeti geometriai felület alá kerül, akkor kéregről,
- ha pedig az új réteg az eredeti felület fölé kerül, akkor bevonatról beszélünk.



1. ábra. A kérgesítő eljárások közeg szerinti osztályozása

Mindkét esetben jelentős szerepet játszik az átmeneti struktúra (interfész), amely a tömbi anyag és a felületi réteg között helyezkedik el és biztosítja a kialakított felület kötődését, a felületet érő terhelések továbbítását az alapanyag felé.

A fentieknek megfelelően a felületkialakítási technológiák lehetnek:

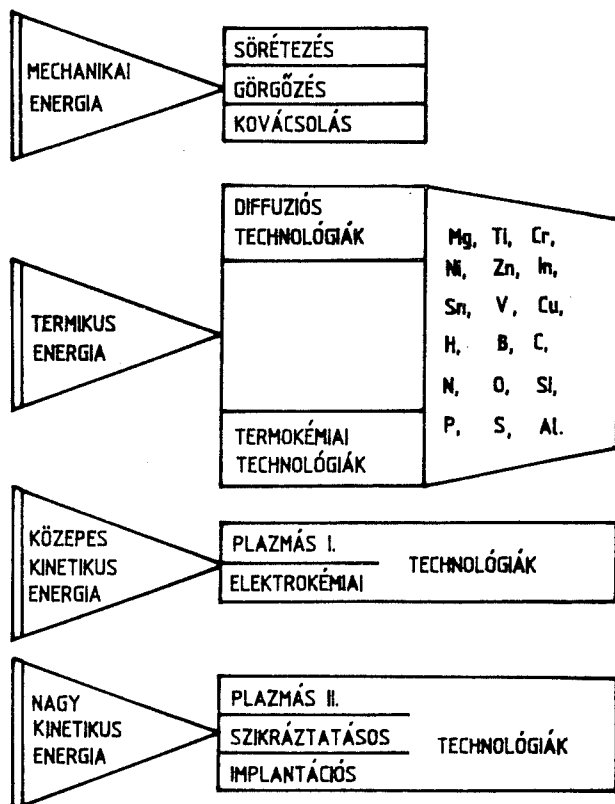
- kérgesítések,
- bevonatolások,
- az előzőek kombinációi.

A kéreg típusú felületi rétegek kialakíthatók az alapanyagokon:

- strukturálisan megvalósított metastabil szerkezet létrehozásával, amely történhet külső anyagtranszport nélkül (a tömbi anyag szerkezeti átalakításával), vagy külső anyagtranszporttal;
- létrehozott (pl. diffúzióval) új típusú vegyületi vagy intermetallikus fázisokkal.

A strukturálisan kialakított kéreg tulajdonságait döntően az alapanyag saját szerkezetében keletkező metastabil fázisok határozzák meg, míg a diffúziós kérgeket a képződő új anyag (ötvözet, vagyület stb.) fázisai.

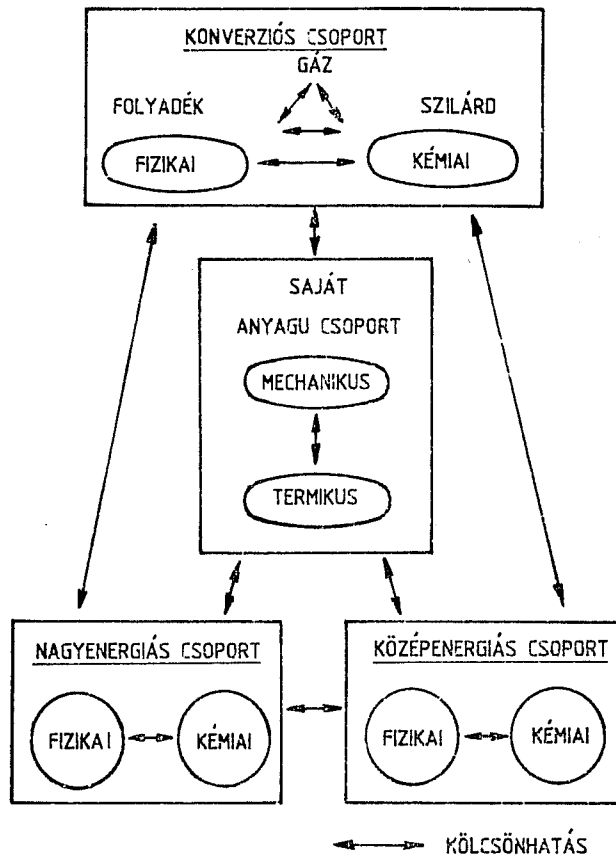
A kérgesítéshez felhasznált anyagok köre viszonylag szűk; a periódusos rendszer körülhatárolt részében foglalnak helyet, (I. táblázat). A kérgesítési eljárás csoportosított struktúráját a felhasznált anyagok szerint energiák szerint a 2. ábra mutatja. A főbb alcsoportok elemeit a 3. ábrán vettük fel.



2. ábra. A kérgesítő eljárások energia szerinti osztályozása

A bevonati rétegek kialakítása az alapanyag felületén történhet:

- alapvetően termikus módon statikusan vagy dinamikus, termodinamikai eljárás alapján felvitt, általában felszört anyagokkal;
- szilárd, folyadék, vagy gázfázis környezetből fizikai vagy kémiai úton kialakított bevonatokkal.



3. ábra. A főbb kérgesítő csoportok struktúrája

I. táblázat
A kérgesítésre leggyakrabban használt elemek elhelyezkedése a periódusos rendszerben

						B	C	N	O
						Al	Si	P	S
Ti	V	Cr	.	.	Ni	Cu	Zn	.	.
.	In	Sn	.

A bevonati anyagok köre (I. II. táblázat) jóval szélesebb, mint a kéreganyagoké, a bevonat függetlensége a hordozótól viszonylag nagyobb.

A bevonatolási technológiák nehézsége abban van, hogy viszonylag bonyolult műszaki eljárásokkal, eltérő fizikai jellemzőkkel rendelkező anyagokat kell összeépíteni. Úgy kell kialakítani a bevonat vastagságát, belső szerkezetét, adhézióját (kötődését) a hordozóhoz stb., hogy a keletkező belső feszültségek ne vezessenek a bevonat sérüléséhez, leválásához.

AMORF ANYAGKÉNT ALKALMAZZÁK

NIP

MINT RÉTEGET A GYAKORLATBAN ALKALMAZZÁK

TiC

ESETLEG KÉMIAILAG ELŐÁLLÍTHATÓ,
DE GYAKORLATI TRIBOLÓGIAI FELHASZNÁLÁSÁRÓL
NEM TUDUNK

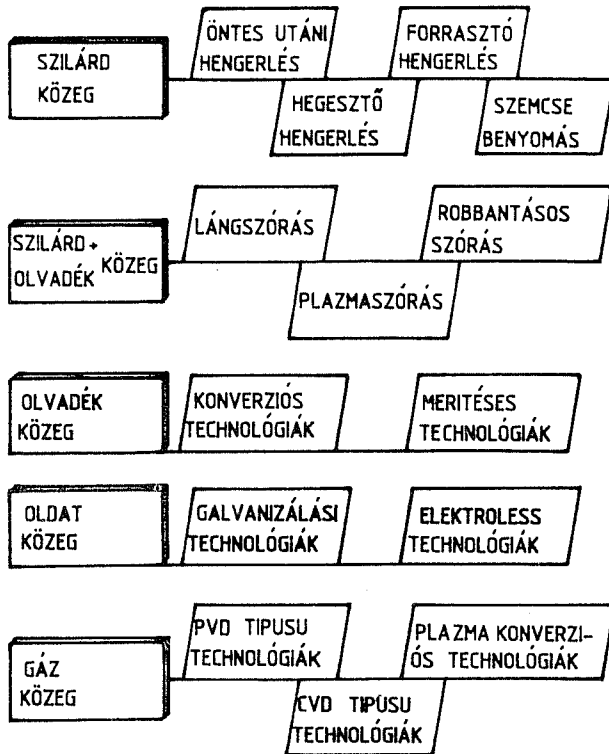
TECHNIKAILAG LEHETSÉGES, DE MINT
TRIBOLÓGIAI RÉTEGET SZÉLESKÖRÖN
NEM ALKALMAZZÁK

CrN

ELEM VEGY.	B	Be	Mg	Al	Si	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	La	Hf	Ta	W	LANTA- NIDÁK	AKTA- NIDÁK	
HIDRID						ScH ₂	TiH ₂		CrH CrH ₂						ZrH ₂	NbH ₂							NdH ₂ PrH ₂		
BORID	B B ₂ B ₃			AIB _x	SIB ₆		TiB ₂	VB ₂	CrB CrB ₂	MnB	FeB Fe ₃ B Fe ₂ B Fe ₂ B ₃	CoB Co ₂ P Co ₃ P	Ni ₂ B NiB Ni ₃ B ₂ Ni ₃ B ₃		ZrB ₂	NbB ₂	MoB Mo ₃ B ₂ Mo ₂ B		LaB ₆	HfB ₂ HfB ₆	TaB TaB ₂				ThB ₄
KARBID	B ₄ C h.BN	B ₂ C B ₃ N ₂			SiC	ScC	TiC	VC ₂ VC V ₂ C ₃	Cr ₃ C ₂ Cr ₇ C ₃ Cr _x C _y		Fe ₃ C	Co ₃ C	Ni ₃ C		ZrC	NbC	MoC MoC ₂			HfC Ta ₆ C ₅	TaC Ta ₆ C ₅	WC W _x C W ₂ C		ThC ThC ₂	
NITRID				AlN	Si ₃ N ₄		TiN	VN	CrN Cr ₂ N ₂		Fe _x N Fe ₃ N Fe ₄ N	Co ₃ N	Ni ₃ N	YN ₂	ZrN	NbN	MoN ₂				-TaN -Ta ₆ N ₅	W ₂ N			ThN
OXID		BeO	MgO	Al _x O _y Al ₂ O ₃	SiO ₂ SiO ₂		TiO ₂	VO ₂	Cr ₂ O ₃		Fe _x O _y				ZrO ₂			SnO ₂				WO ₂			ThO ₂
SZILICID	B ₄ Si						TiSi TiSi ₂ Ti ₅ Si ₃	VS ₂	CrSi ₂	MnSi	FeSi	CoSi	NiSi		ZrSi	NbSi ₂	MoSi ₂			HfSi ₂		WSi ₂			ThSi ₂
FOSZFID	BP		MgP	AlP							FeP	CoP	NiP Ni ₃ P												
SZULFID											FeS					NbS ₂	MoS ₂					WS ₂			
SZELENID																NbSe ₂	MoSe ₂					WSe ₂			

A bevonatolási technológiák felviteli közeg szerinti csoportosítását a 4. ábra, energia szerinti csoportosítását az 5. ábra tartalmazza. Az ide tartozó főbb alcsoporttagozódását a 6. ábrán vettük fel.

Kialakultak azok a vegyes kérgesítést és bevonást magukba foglaló felviteli módok, amelyeknél a megfelelő adhéziót a kéreg, a megfelelő felületi tulajdon-



4. ábra. A bevonatoló eljárások munkaközeg szerinti felosztása

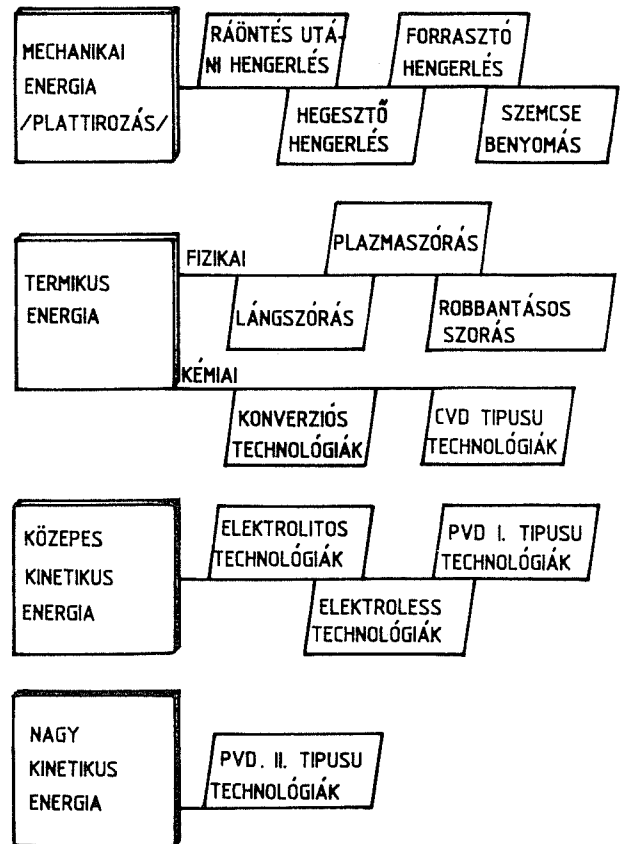
ságokat a bevonat biztosítja. Hasonló megfontolásból alakultak ki a szendvics-szerkezetek. Több egymásra rétegzett bevonat alkalmazásával olyan átmeneti struktúrát valósítanak meg, melyeknél legoptimálisabb a bevonat kötődése egy vagy több közbenső, "ragasztó" jellegű réteg felvitelével.

A felületkialakítások struktúráját és összefüggéseiket mutatja be a 7. ábra.

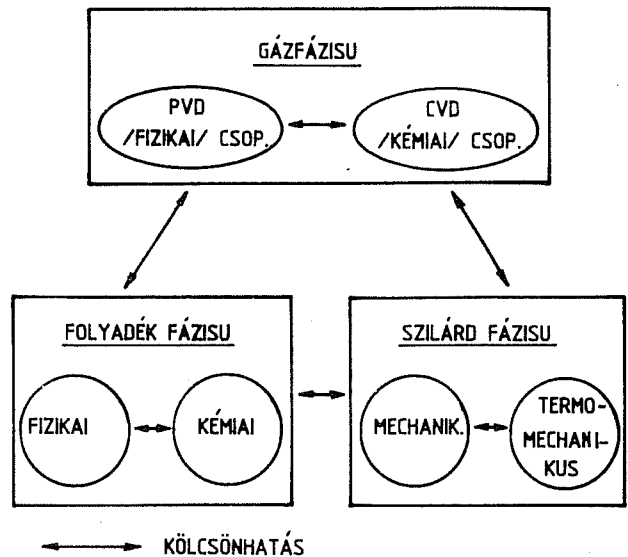
A továbbiakban részletesebben csak két korszerű, jelenleg igen dinamikus fejlődő felületkialakítási technológiáról szólnunk, a CVD és PVD módszerekről.

Ezek a bevonatolási technológiák napjaink új lehetőségeit tartalmazzák. Természetesen ez nem azt jelenti, hogy idővel uralni fogják a felületkialakításokat, de mindenképpen fontos, bizonyos területeken más-hogy meg nem valósítható bevonatok létrehozására alkalmasak. Elterjedésük különösen széles körű az elektronika és a forgácsolószerszámok területén. Például a keményfémlapkák ma már többségükben ilyen bevonatolással készülnek.

Mindkét eljárás csoport a mikroelektronikai ipar talajából nőtt ki és került szélesebb felhasználásra. Alkalmasak arra, hogy tribológiai célokra elemeket, vegyületeket, ötvözeteket és kompozit anyagokat válasszunk le finoman felkészített vagy felpolíro-



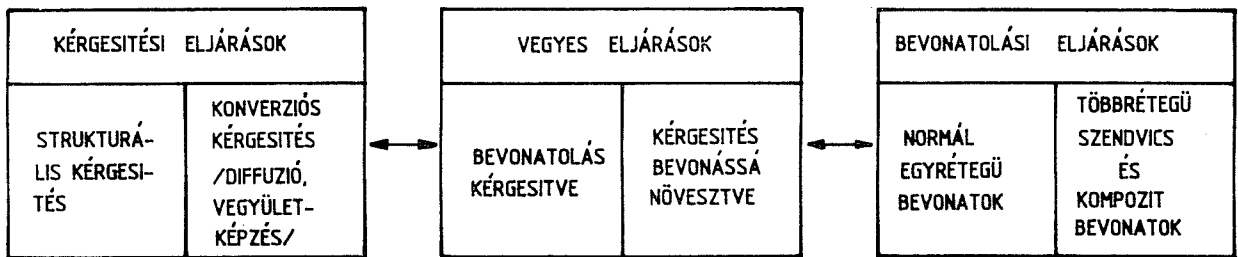
5. ábra. A bevonatoló eljárások energia szerinti felosztása



6. ábra. A bevonatolási eljárás csoportok struktúrája

zott felületekre. A keletkező rétegek tömörek, vastagságuk 0,1-15 μm között folyamatosan szabályozható, felületi érdességük, tapadásuk kiváló. A rétegpülés sebessége a CVD technológiánál kb. 1-3 $\mu\text{m}/\text{h}$ PVD technológiánál kb. 1-100 $\mu\text{m}/\text{h}$.

A PVD és CVD eljárások lényege abban van, hogy a felületi bevonat kialakításakor a megfelelő reakciók a gáztérrel körülvevett hordozó felületén jönnek létre, biztosítva ezzel a bevonás egyenletes minőségét. A CVD eljárások ezt a célt valamilyen vegyületnek



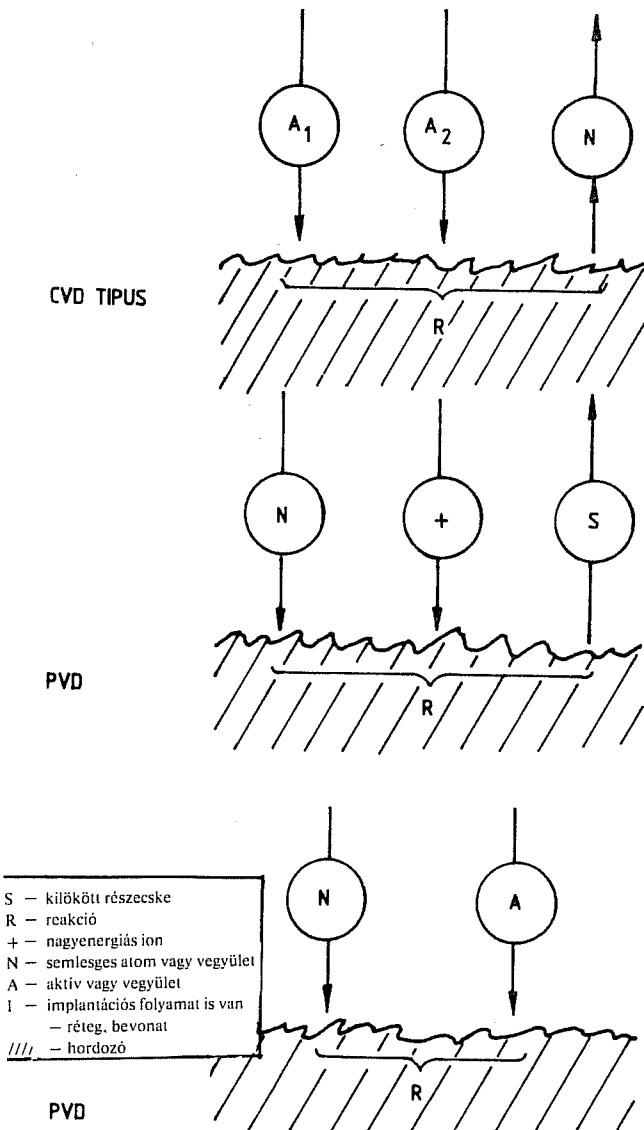
7. ábra

(vagy vegyületeknek) felületen történő termokémiai bontásával és újabb reakcióval érik el. A PVD eljárásokban viszont a gázfázis átalakítandó vegyületet vagy nem tartalmaz, vagy a meglévő vegyület bomlása még gázfázisban megtörténik fizikai úton. Mindkét eljárásban lényeges, hogy rétegek kialakításához szükséges reakciók a hordozó felületén jöjjenek létre. Ezt a feltételt CVD eljárásoknál általában a szubsztrátum magas hőmérsékletével érik el úgy, hogy a gáztér hőmérséklete a reakcióhoz szükséges érték alatt marad. A PVD technológiák esetében ez más paraméter kihasználásával történik azáltal, hogy a gáz

valamilyen gerjesztett állapota (pl. plazma, termikus gerjesztés stb.) a felületen megszűnik, (pl. hideg felületre csapódás, elektron leadási, ionsemlegesítési kényszer stb.). A felületi reakciók alapjelenségeit a kétféle eljárás családra a 8. ábrán mutatjuk be.

Mind a CVD, mind a PVD technológiáknak több alaptípusát alkalmazzák. Ezen belül is szinte mindenfajta bevonathoz, alapanyaghoz más-más paraméterek megválasztása szükséges.

Az egyes típusoknak nem minden esetben alakult ki a nemzetközileg egyértelműen használt neve, anynyira új területről van szó. A továbbiakban az angol-szász irodalomban leggyakrabban használt nevekkkel és rövidítésekkel említjük a technológiákat. Megjegyezzük, a CVD és a PVD eljárás csoportban egyaránt van olyan eljárás, amit önmagában is így neveznek, mert történetileg elsők voltak. A teljes összehasonlítás kedvéért a III. táblázatban felvettük az alapjelenségek legfontosabb jellemzőit.



8. ábra. A PVD és CVD felületi reakciók alapjelenségei

Rétegminőség és ellenőrzés

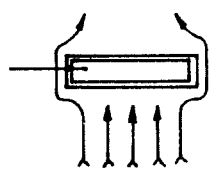
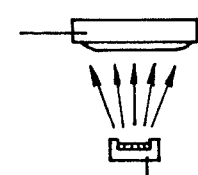
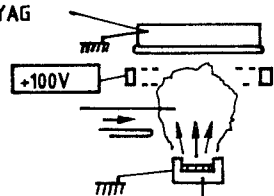
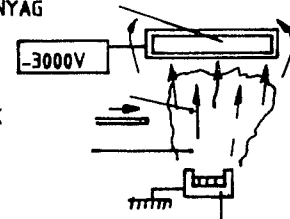
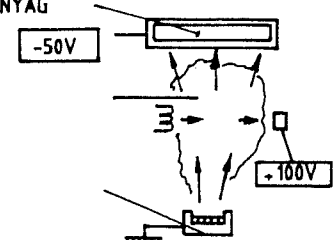
A rétegminőség ellenőrzése és folyamatos javítása számos különböző mérési módszert igényel; ugyanakkor egybefüggő ellenőrzési komplexumot kíván meg. Minél nagyobb igényekkel lépünk fel a felületi rétegekkel szemben, annál szigorúbb kontrollra van szükség, annál komplexebb vizsgálatokat kell elvégezni a kialakított rétegen annak eldöntésére, hogy megfelel-e az elvárásoknak.

A rétegminőség ellenőrzésére bizonyos tekintetben már kialakult vizsgálati rendszerek állnak rendelkezésre:

- mechanikai vizsgálatok,
- termodinamikai és transzporttulajdonság vizsgálatok,
- struktúra és kémiai összetétel vizsgálatok.

Mindhárom csoport nagyon széles körű, több alcsoportból és bonyolult eljárásokat magukba foglaló részekből áll. Ennek rendszerét a 9. ábrán foglaltuk össze sémaszerűen. Az egyes eljárások kiválasztásánál irányadóként figyelembe kell venni, hogy:

- felhasználás szempontjából milyen információkat várunk,
- egy-egy vizsgálat csak nagyon egyoldalú kontroll elvégzését teszi lehetővé,
- komplex vizsgálatok esetén úgy kell az eljárásokat megválasztani, hogy azok egymásnak kiegészítői és kontrolljai legyenek.

<p>a/</p> <p>ALAP- ANYAG</p>  <p>REAKTIV GÁZOK</p>	<p><i>Elv:</i> CVD: reakcióhőmérsékletre felhevített alapanyagon kémiai reakcióból csiraképződéssel és növekedéssel vegyi bevonat kialakítása.</p> <p><i>Elv:</i> CNTD: termokémiai bevonás vegyi úton vezérelt csiraképződésből orientált kristálynövekedéssel.</p> <p>Tapadás, behatolás: jó Nyomás: $10^2 - 10^5$ Pa (1-760 torr) Bevonási sebesség $10 \mu\text{m/h}$</p>
<p>b/</p> <p>ALAP- ANYAG</p>  <p>HEVITETT FORRÁS</p>	<p><i>Elv:</i> PVD: hevített forrásból elpárologtatott atomok közvetlen, fizikai leválasztása kordozón.</p> <p>Nyomás: 10^{-4} Pa (10^{-5} torr) Tapadás, behatolás: gyenge Bevonás sebessége: $10-100 \mu\text{m/h}$</p>
<p>c/</p> <p>ALAPANYAG</p> <p>PLAZMA REAKTIV GÁZ</p>  <p>HEVITETT FORRÁS</p>	<p><i>Elv:</i> ARE: az elpárologtatott és a reaktív gáz aktiválása a forrás szekunder elektronjaival vegyületi réteg kialakításához alacsony hőmérsékletű hordozón.</p> <p>Nyomás: 2-10 Pa (0,02-0,1 torr) Tapadás: jó Bevonási sebesség: $100 \mu\text{m/h}$</p>
<p>d/</p> <p>ALAPANYAG</p> <p>REAKTIV GÁZIONOK</p> <p>FÉMIONOK</p>  <p>HEVITETT ERŐFORRÁS</p>	<p><i>Elv:</i> IP: Elpárologtatott atomok és reaktív gáz ionizációja önfenn-tartó gázkiszülésben és a keletkező ionok vegyületi réteggé történő kondenzációja előfeszített hordozón.</p> <p>Nyomás 1-15 Pa (0,01-0,15 torr) Tapadás, behatolás: kitűnő Bevonási sebesség: $100 \mu\text{m/h}$</p>
<p>e/</p> <p>ALAPANYAG</p> <p>PLAZMA HEVITETT FORRÁS</p> 	<p><i>Elv:</i> EARE: kisegítő elektródával fenntartott plazmás ionizációból történő vegyületi réteg leválasztása.</p> <p>Nyomás: 0,1-10 (0,001-0,1 torr)</p>

<p>f/</p> <p>ALAPANYAG</p> <p>PLAZMA</p> <p>FÉMIONOK REAKTIV GÁZ</p> <p>FORRÁS</p>	<p><i>Elv:</i> DS-PVD; önfenntartó gázkisülésben keletkező pozitív ionok bombázásával gázfázisban vitt anyag közvetlen vagy reakció utáni kondenzálódása az alacsony hőmérsékletű hordozón.</p> <p>Nyomás: 1-10 Pa (0,01-0,1 torr)</p> <p>Tapadás: jó</p> <p>Bevonási sebesség: 1-10 $\mu\text{m/h}$</p>
<p>g/</p> <p>ALAPANYAG</p> <p>REAKTIV GÁZ</p> <p>Ar</p> <p>PLAZMA</p> <p>FORRÁS</p>	<p><i>Elv:</i> MS-PVF; Hasonló az előzőkhöz.</p> <p>Nyomás: 1-10 Pa (0,01-0,1 torr)</p> <p>Tapadás: kitűnő</p> <p>Bevonási sebesség: 10-100 $\mu\text{m/h}$</p>
<p>h/</p> <p>ALAPANYAG</p> <p>V. H. F.</p> <p>PLAZMA</p> <p>H. F.</p> <p>HEVITETT FORRÁS</p>	<p><i>Elv:</i> LPPD; Az elpárologtatott atomok és reaktív gázok ionizációja nagyfrekvenciás gerjesztéssel fenntartott alacsony nyomású gázkisülésben és a keletkező ionok vegyületi réteggé történő kondenzációja hideg hordozón.</p> <p>Nyomás: 0,1-1 Pa (0,001-0,1 torr)</p> <p>Tapadás: jó</p> <p>Bevonási sebesség: 10-100 $\mu\text{m/h}$</p>

fontosabb CVD és PVD eljárások:

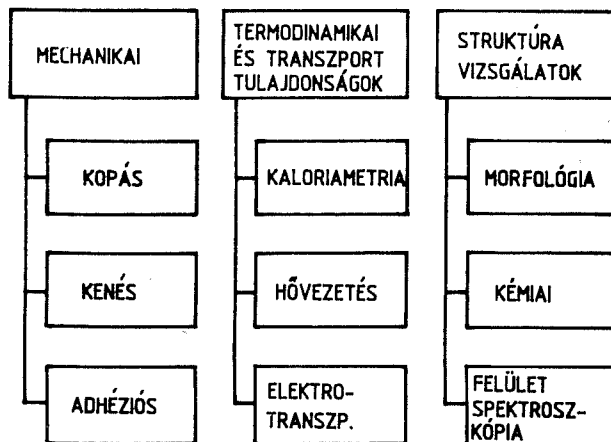
CVD	Chemical Vapor Deposition – Vegyi bevonás gázfázisból
CNTD	Controlled Nucleation Thermochemical Deposition – Vezérelt csiraképződésű termokémiai bevonás
PVD	Physical Vapor Deposition – Fizikai bevonás gázfázisból
ARE	Activated Reactive Evaporation – Aktivált reaktív párologtatás
IP	Ion Plating – Ionos bevonás
EARE	Enhanced-ARE – Növelt aktiválású reaktív párologtatás
DS-PVD	Diode Sputtering-PVD – Diódás porlasztású PVD
MS-PVD	Magnetron Sputtering-PVD – Magnetronos porlasztású PVD
LPPD	Low Pressure Plating Deposition – Alacsony nyomású bevonás

Az ellenőrző vizsgálatokat elvégzési helyük szempontjából is osztályozhatjuk:

- “in situ”, előállítás közben történő vizsgálatok;
- késztermék vizsgálatok.

Mindkét vizsgálatcsoport tartalmaz olyan eljárásokat, amelyek az adott réteggialakítás technológiai paramétereinek beállítására és kontrolljára szolgálnak, és vannak olyanok, amelyek a felhasználási paraméterek szempontjából minősítenek.

A legmodernebb és legnagyobb műszerezettséget igénylő minőségvizsgálati és egyben kutatás-



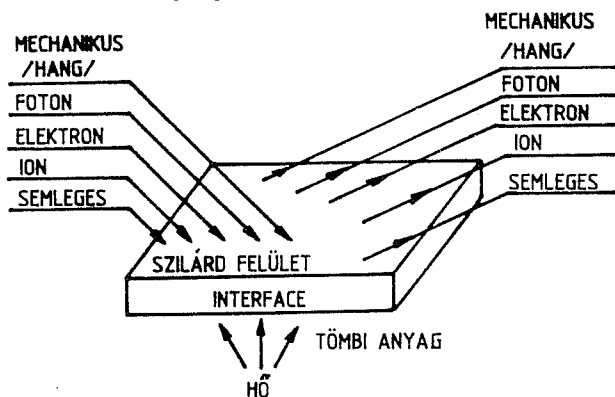
9. ábra. A mérő- és ellenőrző módszerek rendszere

fejlesztési módszer-csoport a felületspektroszkópiai módszerek családja.

A spektroszkópiai módszereknél a felületre ismert paraméterekkel rendelkező részecske vagy sugárnyaló bocsátunk, amelynek gerjesztő hatásai révén kiváltott “válasz” részecskéket vagy sugárzást mérjük (10. ábra). A bemenő gerjesztés és a kimenő információk birtokában különböző típusú vizsgálatok megfelelő kombinálásával meg lehet mondani:

- a kémiai összetételt, elemeloszlást;
- a kialakult fázisokat;

- a kémiai kötések;
 - az atomi környezeteket;
 - az elektronszerkezetet
- laterális és mélységi viszonylatban egyaránt.



10. ábra. A spektroszkópiai módszerek gerjesztő/detektált részekének vázlata

A vertikális felbontáshoz megjegyezzük, hogy a felületi információkat tartalmazó módszereket gyakran úgy bővítik ki, hogy valamilyen jól szabályozott réteghántolással (pl. Ar-ion bombázással), újabb és újabb rétegeket tesznek hozzáférhetővé a vizsgálat számára. Így a módszer a roncsoló hatások figyelembevételével szolgáltathat csak információkat.

Szinte magától adódik a kérdés, hogy a vizsgálatok sokaságából melyiket érdemes használni.

Egyértelműen kijelenthetjük, hogy ebben a kérdésben üdvöztető módszer nincs. Mindegyik eljárás bizonyos fokig támaszkodik más eljárások eredményeire is. Így alakultak ki az ún. "karácsonyfák"; olyan vizsgálatcsoportok, amelyek egybeépítésével a különböző módszerek egymás információ tartalmát kiegészítik (pl. SEM, AES, LEED, SIMS stb. együttese).

Világosan látszott a réteg és bevonati anyagok taglalásánál is, hogy az elemanalízis – különös tekintettel a "könnyű" elemek (C, N, B, O, Si stb.) mennyiségének és kémiai kötésviszonyainak meghatározására – alapvető a fejlesztés és a felhasználás szempontjából egyaránt. Ugyanakkor az analízis-módszer többsége nem alkalmas ezeknek az igényeknek a kielégítésére, hiszen vagy nem érzékeny a könnyűelemekre, vagy a kémiai kötésállapotok kimutatása nem tartozik lehetőségei közé, vagy pedig nem roncsolásmentesen

analizálja a réteg mélységi tulajdonságait, és így alapvetően megváltoztatja az ottani geometriai és kémiai szerkezetet is.

Úgy a könnyű elemek, mint a kémiai kötésállapotaik vizsgálatára kiválóan alkalmas a SXDA módszer. A lágyröntegtartományban kisugárzott karakterisztikus spektrumok jól tükrözik a kémiai kötések és azok változásait, valamint még a sztöchiometriai viszonyokat is. Ugyanakkor ez a módszer roncsolásmentesen képes 1-3 μm mélységig vertikális letapogatásra is.

Befejező gondolatok

Bár a korszerű felületkialakítások területe hazánkban gyermekcipőben jár, azért többen foglalkoznak az előrelépés lehetőségével. A szorító gazdasági körülmények kényszerítő erőként hatnak ezeknek a technológiáknak megteremtésére, alkalmazására és lehetőségek szerinti továbbfejlesztésére. Ez az a terület, ahol még a fejlesztés szintjén is van mit keresnünk a világ élvonalában, ha nem maradunk le jövőtehetetlenül mögötte.

Sok olyan módszer van, amellyel hazánkban egyáltalán nem foglalkozunk, illetve felhasználásra nem alkalmazzák. Ugyanakkor az előző bevonati és ellenőrző, kutató módszereket nemcsak azért emeltük ki, mert ezek jelentik a korszerű felületkialakítások hazai gyakorlatát, hanem azért is, mert megfelelő szintű művelésük megteremthetné a hazai felületkezelések bázisát, és talán ez a legfontosabb perspektívus feladatunk.

Természetesen egyetlen bevonatolási megoldás és kutatási komplexum sem felelhet meg egyidejűleg valamennyi követelménynek, de a legkorszerűbb módszerek igen sokoldalú követelményrendszert képesek kielégíteni. A fejlődés irányában mindenesetre kettős húzóerő hat:

- hol a felhasználás szabta szigorú igények kényszerítik a szakterületet új technológiák kidolgozására, új anyagkombinációk alkalmazására;
- hol pedig a felület-technológia új eredményei adnak konkrét lehetőséget előrelépésre az ipar legkülönbözőbb területein.

ALGORITMUS AKTÍV ANYAGMINTÁK AZONOSÍTÁSÁHOZ

Szondi Egon
BME Tanreaktor

Bevezetés

A radiokémiai laboratóriumok fontos feladatai közé tartozik annak eldöntése, hogy *azonos eredetűek-e* a vizsgált aktív anyagminták. Ez a feladat kapcsolódhat pl. geológiai, régészeti, kriminológiai kérdésekhez. Ezzel rokon feladata van az *aktivációs neutron-spektrometriának*: azt kell eldönteni, hogy

a vizsgált neutronterben aktivált detektorok mért aktivitása és ugyanezeknek a detektoroknak számított aktivitása összhangban van-e. A számításához felhasznált neutronspektrum csak akkor tekinthető azonosnak a kísérletileg vizsgált neutronspektrummal, ha ezek az aktivitások kellően egyeznek.

Az alábbiakban egy olyan matematikai statisztikai módszert, illetve annak algoritmusát ismertet-