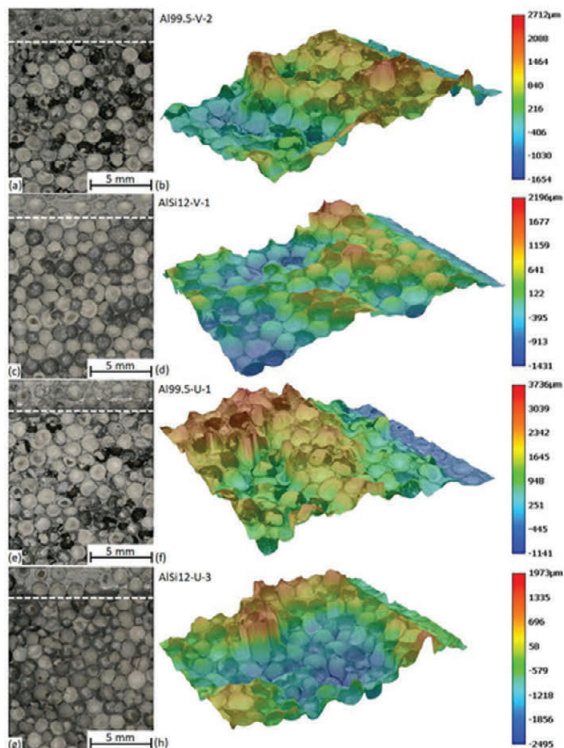




ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Az ország vezető szaklapja - www.anyagvizsgaloklapja.hu 2019/II. lapszám



A lap kiemelt ipari partnere
az UNICAM Magyarország Kft.

Spektroszkópia • Kromatográfia
Tömegspektrometria • Elemanalitika
Optikai és elektronmikroszkópok • Kamerák

UNICAM
Magyarország Kft.

- Roncsolásmentes vizsgálattechnika
- MAROVISZ hírek
- HELYZETKÉP: Paradigmaváltás
- Portré: Gyarmati István
- XI. RAKK beszámoló



Kimagasló teljesítmény

Thermo
SCIENTIFIC

A Thermo Fisher Scientific Brand

- RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLAT
- ÖTVÖZETAZONOSÍTÁS
- RÉTEGVASTAGSÁG VIZSGÁLATA
- ROHS-ALKOTÓK AZONOSÍTÁSA
- SZÉLES KÖRŰ IPARI ALKALMAZÁSOK

A jövő az Ön kezében van



thermoscientific.com/XL5

**Thermo Scientific TM
Niton TM XL5
hordozható XRF analizátor**

UNICAM

Magyarország Kft.

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

A Magyar Roncsolásmentes
Vizsgáló Szövetség Lapja
MAROVISZAz ország vezető szaklapja.
Alapítva: 1991-ben.Negyedévente elektronikusan megjelenő folyóirat.
Országos, iparágakat átfogó, szakmai folyóirat a
minőségért és biztonságunkért.Az Anyagvizsgálók Lapjának szerkesztősége a ki-
adó, a **MAROVISZ**, a Magyar Roncsolásmentes
Vizsgáló Szövetség címén érhető el:

1191 Budapest, Üllői út 206., B. ép. II. lh.

Tel.: (36-1) 278-0632;

fax: (36-1) 278-0633;

e-mail: info@anyagvizsgaloklapja.huweb: www.anyagvizsgaloklapja.hu
www.avilap.hu

Az Anyagvizsgálók Lapjának szerkesztőbizottsága:

Dr. Divós Ferenc

† Dr. Gillemot László

Harnisch József

Kecskés Péter

Lutor Attila

Dr. Mertinger Valéria

Skopál István

Szűcs Pál

Dr. Tóth László, felelős szerkesztő

Dr. Trampus Péter, felelős kiadó

Berki Gábor, főszerkesztő

Balogh Bence, digitális szerkesztő

**tripladuplav.hu**
webstudio

Az elektronikus folyóirat szerver háttérét a

tripladuplav.hu
webstúdió biztosítja.

ISSN: 1215-8410

JEGYZET

Úgy tűnik, hogy az „újjáéledt” folyóirat erősödni kezdett! Vagy csupán a Felelős Szerkesztő érzi ezt, mert optimista alkat? Idővel majd elvállik. A lap e számának jellegzetességei röviden összefoglalva a következők. Skopál István szerkesztőbizottsági tagunk új rovatot indít a szakmánkban hosszabb ideje dolgozó munkatársak megkeresésével, amolyan „hogyan érzed magad e területen dolgozván” háttérének megismerésére. Új MAROVISZ - díjasunkat, Szalay Ferenc személyében köszönthette alelnökünk, Kecskés Péter, az Egerben március 20-22 között rendezett XI. RAKK-on. E sereg-szemle sajátosságainak részletesebb áttekintése ugyancsak lap-számunk feladata. Aktualitását szlogenjenjének „Az anyagvizsgálat a beruházások szolgálatában” optimista kisugárzása már eleve sugallja. Sikerült – most is – következetesen megvalósítani azon törekvést, hogy minden lapszámban jelenjen meg olyan hosszabb szakcikk, amely egy adott terület jelenlegi állását tekinti át a nemzetközi szakirodalom feldolgozásával. Erre Orlubov Imre, a BMGE munkatársa vállalkozott a DSc. fokozat megszerzésére összeállított disszertációja kapcsán (amelyet már sikeresen meg is védett). Aki a tartalomjegyzéket futja át, annak „kakukktójásnak” tünet a Sasvári Péter és Kaptay György „Paradigmaváltás a műszaki tudományos értékelésben: egy műszaki oktatói / kutatói életpálya-modell, különböző lehetséges kimenetekkel (avagy Ön docensként, professzorként, vagy akadémikusként akar nyugdíjba menni?)” címmel megjelenő eszmefuttatása. Ha egy kicsit mélyebben is belegondolunk, körbenézünk, kénytelenek vagyunk elgondolkodni azon, hogy miért is, milyen „mutatók” alapján juthatunk előbbre a szakmai elismeréseink megszerzésében. Az út, a módszer akár előre is definiálható ugyanúgy, mint ahogyan ezt a „receptek” is tartalmazták. Az „életpálya-recepteknek” azonban van egy nagy kockázata! Nevezetesen, azt az éppen aktuális idő feltételrendszerének ismeretében írják, amelynek eredményeit csupán a szakmai életpálya lezárása kapcsán, teljes más korszakban lehet igazán értékelni. Ennek dacára mégis azt kell mondani, hogy szakmai életutunk tervezésénél is szükség van „vezérlő csillagunkra”, legalábbis gondolati szinten. A legfőbb ismerv, a folyamatos kreativitás azonban a sikeres életpálya nélkülözhetetlen eleme.

Dr. Tóth László

TARTALOMJEGYZÉK

ANYAGOK - MATERIALS

5

Orbulov I.: Szintetikus fémhabok gyártása és vizsgálata – szakirodalmi összefoglaló

Orbulov I.: Production and investigation of metal matrix syntactic foams – a literature survey

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA - NDT TECHNICS

23

Pál Cs.: Akusztikus emissziós méréssel feltárt LPG és PB-gáz tartály meghibásodások

Pál Cs.: Damages of LPG and PB pressure vessels detected by acoustic emissions testing

HÍREK - NEWS

26

Kecskés P.: MAROVISZ Díjasunk 2019: Szalay Ferenc

Kecskés P.: MAROVISZ Award, 2019: Szalay Ferenc

HELYZETKÉP - REVIEW

28

Sasvári P., Kaptay Gy.: Paradigmaváltás a műszaki tudományos értékelésben: egy műszaki oktatói/kutatói életpálya-modell különböző lehetséges kimenetekkel (avagy Ön docensként, professzorként, vagy akadémikusként akar nyugdíjba menni?)

Sasvári P., Kaptay Gy.: Paradigm in scientific evaluations: the possible outputs of different life-works (or would you like to reach the titles of associate professor, professor or the member of academy of sciences?)

PORTRÉ - PORTRAIT

37

Skopál I.: Gyarmati István bemutatása

Skopál I.: Portrait of István Gyarmati

HELYZETKÉP - REVIEW

41

Tóth L.: A XI. RAKK tapasztalatai

Tóth L.: Review of the XI. NDT Conference



SZOLGÁLTATÁSAINK

saját profil szerkesztése,
online adatfeltöltés saját profilba,
online egyszerűsített vizsgára jelentkezés.

MAROVISZ SZEMÉLYTANÚSÍTÓ TESTÜLET

világszerte elfogadott
TANÚSÍTVÁNY-t

bocsájt ki



ELŐNYEINK

kedvező vizsgadíj,
rugalmas vizsgaidőpont választás,
Európában elfogadott legkorszerűbb
képzési programra épülő követelmények,
anyagvizsgáló igazolvány kiállítása.

www.szemelytanusitas.hu

Szintaktikus fémhabok gyártása és vizsgálata – szakirodalmi összefoglaló

Production and investigation of metal matrix syntactic foams – a literature survey

Orbulov Imre Norbert DSc.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék
MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport
1111, Budapest, Műegyetem rakpart 3.
orbulov@eik.bme.hu

Kivonat

A szintaktikus fémhabok lényegében fémmátrixú kompozitok. Előnyük a hagyományos fémhabokkal szemben a nagy fajlagos mechanikai tulajdonságokban rejlik. A szintaktikus fémhabok viszonylag új anyagok, de rohamos fejlesztésük indokoltá teszi gyártásuk és mechanikai tulajdonságaik rövid – ugyanakkor átfogó – bemutatását.

Abstract

Metal matrix syntactic foams are basically metal matrix composites. Their main advantage compared to the conventional metallic foams is in their high specific mechanical properties. Metal matrix syntactic foams are relatively new materials, however, their continuous and fast development justifies a short, but comprehensive review on their production methods and mechanical properties.

Kulcsszavak: szintaktikus fémhabok, fémmátrixú kompozitok, zömítővizsgálat, mechanikai tulajdonságok, fáradás.

Keywords: metal matrix syntactic foams, metal matrix composites, compressive tests, mechanical properties, fatigue.

Bevezetés

A szintaktikus fémhabok (metal matrix syntactic foams) részecskeerősítésű társított anyagok, idegen szóval kompozitok, vagy kompozit-fémhabok (composite metal foams). Nevükben a „szintaktikus” kifejezés a görög „συντακτικός” szóból ered, amelynek jelentése szabad fordításban: „összerendezett” és arra utal, hogy az anyagban az erősítő- vagy töltőanyag részecskéi egymáshoz képest többé-kevésbé rendezett módon helyezkednek el. A szintaktikus fémhabok a részecskeerősítésű kompozitok és a fémhabok csoportjába is besorolhatók, így az

Ashby-féle anyagcsoportosításban [1] a hibridek osztályában helyezkednek el (a szál- és részecskeerősítésű kompozitokkal, szendvicsszerkezetekkel, rácsos szerkezetekkel, kábelekkkel és réteges kompozitokkal együtt). Kompozitok lévén a szintaktikus fémhabok összetevőiket tekintve mátrixanyagból (a legtöbbször Al ötvözet, de elméletileg bármilyen más fém alkalmazható) és erősítőanyagból (üveg, kerámia vagy fém gömbhéjak [2-4]) állnak, amelyek között a terhelésátadásért felelős átmeneti réteg teremti a kapcsolatot.

A szintaktikus fémhabok legmeghatározóbb igénybevétele a nyomás. Ennek hangsúlyosságát az is mutatja, hogy a fémhabokhoz kapcsolódó vizsgálatok közül jelen pillanatban egyedül ez a szabványosított [5, 6]. A fajlagos nyomószilárdság az alumínium mátrixú szintaktikus fémhaboknál (az azonos porozitású) „hagyományos” fémhabokhoz képest 5-10-szeres, míg az adott összehasonlító alakváltozásig elnyelt mechanikai munka 2-5-szörös értéket is elérhet. Külön hangsúlyozandó, hogy a szintaktikus fémhabok jellemző mechanikai tulajdonságai az összetevők változtatásával, utólagos kezelésekkel széles határok között változtathatók és adott alkalmazási célra optimálhatók („tailoring”).

A szintaktikus fémhabok felhasználási területei jelenleg még jobbra kiforratlanok. Elterjedésüket két ok akadályozza: egyrészt – egyelőre – viszonylag nagy gyártási költségük, másrészt a tervezési munkához, méretezéshez szükséges mérőszámok (részleges) hiánya. A fémhabok és szintaktikus fémhabok alkalmazásai hasonlóak a fémmátrixú kompozitokéhoz. A közlekedéstechnikában elsősorban személygépjárművekben (jellemzően felsőkategóriás- és luxusautókban) merevítő és energiaeinyelő elemeként, tehérgépjárművekben merevségnövelési céllal (például rakodókarok), és a környezetet terhelő zajt csökkentő árnyékoló falakként jelennek meg. Az űrtechnikában kis sűrűségük és nagy fajlagos merevségük miatt alkalmazzák őket tükrök tartóelemeiként, vagy panelek merevítéseiként. Zártszelvényből

készülő teherviselő szerkezetekben, felépítményekben, szendvicsszerkezetekben a fémhab növeli az elemek mechanikai stabilitását. A hadiiparban réteges szerkezetekben, védelmi céllal jelennek meg, elsősorban járműveken (nagyobb kaliberű lövedékek, robbantások, aknák elleni védelem), de stratégiai fontosságú építmények falazatában is alkalmazzák őket. Fontos felhasználási területek lehetnek még az öntéssel készülő, kis- és közepes mechanikai terhelésnek kitett különböző gépházak, burkolatok. A fémhabok, szintaktikus fémhabok elterjedőben vannak az építéstechnikában is: könnyűszerkezetes építmények padlólemezeiként, álmennyezetekként, kültéri burkolóelemekként, lépcsőkként, tűzálló szakaszoló ajtókként, felvonó rendszerek elemeiként alkalmazzák őket [7].

A világban több helyen foglalkoznak hagyományos fémhabok kutatásával és nagy volumenű gyártásával is. Hazánkban az első fémhabokat az 1980-as évek végén az Aluterv FKI-ban állították elő. Nemrégiben pedig hazánkban is megkezdte működését egy fémhabgyártó üzem (Aluinvent ZRt., Felsőzsolca [8]), amely jelenlegi fémhab gyártási kapacitása évenként 1000 tonna. Ezenkívül Magyarország több felsőoktatási intézményében foglalkoznak hagyományos fémhabokkal kutatási és fejlesztési tevékenységük részeként: például a Miskolci Egyetemen (fémhabok fejlesztése), a Széchenyi István Egyetemen (röntgentomográfia, digitális rekonstrukció), a Debreceni Egyetemen (végeselemes analízis) és az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen (akusztikus emisszió). Kifejezetten szintaktikus fémhabokkal a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karának Anyagtudomány és Technológia Tanszékén jelen doktori mű szerzője és kollégái, hallgatói foglalkoznak a fent felsorolt és külföldi intézményekkel, partnerekkel együttműködve. A hazai kutatómunka 2003-ban indult meg, majd 2005-ben gyorsult fel prof. Blücher József kollégánk nagylelkű laborberendezés adományával. A munkát támogatta egy GVOP pályázat (amely létrehozta a Tanszék kompozitlaborját a 2005. augusztus 25-i ünnepélyes átadással), több OTKA (A, CK, PD) pályázat, két Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és a Junior Prima Díj magyar tudomány kategóriájának elnyerése. Nagy támogatást, motivációt jelentett az MTA–BME Fémtechnológiai Kutatócsoport, és hasonló szerepet tölt be jelenleg is az MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport.

Jelen szakirodalmi összefoglaló bemutatja, rendszerezi és összefoglalja a szintaktikus fémhabok fejlesztésének és mechanikai anyagvizsgálatának terüle-

tén végzett kutatási munka eredményeit a gyártási sajátosságoktól kezdve a szintaktikus fémhabok elterjedését segítő mérőszámok, mutatók meghatározásáig.

1. Szintaktikus fémhabok gyártása és minősítése

A szintaktikus fémhabok gyártása során az alapfeladat a gömbhéjakat úgy beépíteni a megkívánt térkitöltéssel az előírt mátrixanyagba, hogy (i) a gömbhéjak ne sérüljenek meg, (ii) a mátrixanyag ne törjön be a gömbhéjakba és (iii) a gömbhéjak közötti teret a mátrixanyag teljes egészében kitöltse. Ebben a fejezetben a legismertebb gyártási lehetőségeket veszem sorra, különös tekintettel a gáznyomásos infiltrálásra és a nyomásos infiltrációval gyártott szintaktikus fémhabok jellemzőire.

A szintaktikus fémhabok gyártására a szakirodalom több lehetőséget ismertet részletesen. Ezek közül három módszer terjedt el: a porkohászati eljárás, a bekeveréses öntés és a nyomásos infiltrálás. A porkohászati eljárás előnye, hogy változatos anyagú mátrix és gömbhéj kombinációkra alkalmazható és az eljárással a gömbhéjak térkitöltése is beállítható egészen a 74 tf%-os elméleti határig. A módszer egyik első alkalmazásaként vasalapú gömbhéjakkal töltött, ugyancsak vasalapú mátrixanyagú szintaktikus fémhabokat állítottak elő. Az eljárás során a gömbhéjakat egy formába töltötték, majd rezgetéssel tömörítették. A ~100 µm-es méretű mátrixanyag port ezután adagolták a gömbhéjak közé szintén folyamatos rezgetés mellett. A következő lépés egy kétlépcsős hőkezelés (szinterelés) volt, amely során a darab kismértékben zsugorodott, a porszemcsék közötti apró üregek megszűntek és a gömbhéjak, valamint a mátrixanyag között fémes kötés jött létre [9-12]. A módszer tovább gondolását jelentette, amikor az iszapöntés technológiájához hasonlóan a mátrixanyagot alkotó finom port zagy formájában injektálták a gömbhéjak közé, elkerülve a por alakban történő töltés megkívánta rezgetést [13, 14]. A porkohászati módszer sajtolással kiegészítve sikeresen alkalmazható fém mátrixanyag és kerámia töltőanyag közötti kötés létrehozására, szem előtt tartva a gömbhéjak nyomószilárdsága határolta maximális sajtolási nyomást. A módszer további különlegessége, hogy megfelelő körültekintéssel olyan mátrixanyagok alkalmazására is lehetőséget nyújt, mint az egyébként körülményesen kezelhető titán [15-17].

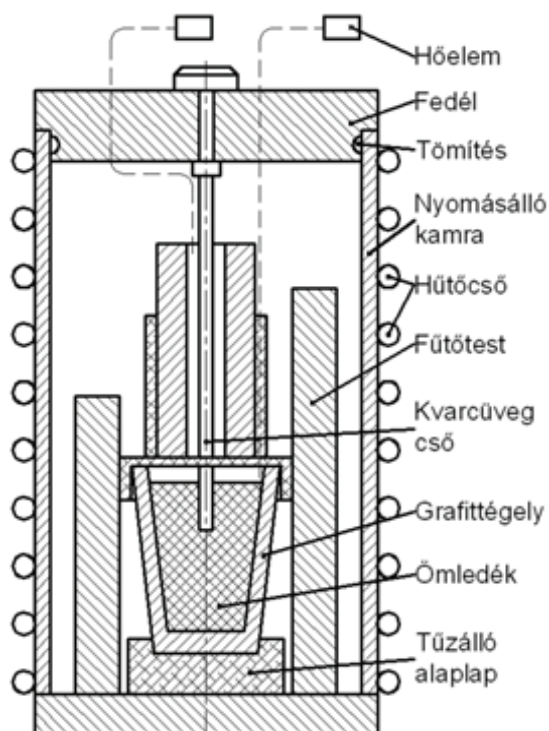
A porkohászati eljárásnál lényegesen egyszerűbb a

bekeveréses öntés technológiája. A megolvasztott mátrixanyagba a gömbhéjakat folyamatos keverés mellett adagolják. A folyamat során figyelemmel kísérik az olvadék hőmérsékletét, a keverési sebességet és a gömbhéjak térkitöltését. A kívánt térkitöltés elérésekor a keverést megszüntetik és a kompozitot formába öntik. Az eljárás előnye, hogy egyszerű, kis befektetést igényel és kis térkitöltésű kompozitok is gyárthatók vele. Hátránya, hogy nagy térkitöltésű kompozitok nem gyárthatók az eljárással (nagy viszkozitás, a gömbhéjak nagy mechanikai terhelése) és nehezen reprodukálható a kompozitok minősége [18-26].

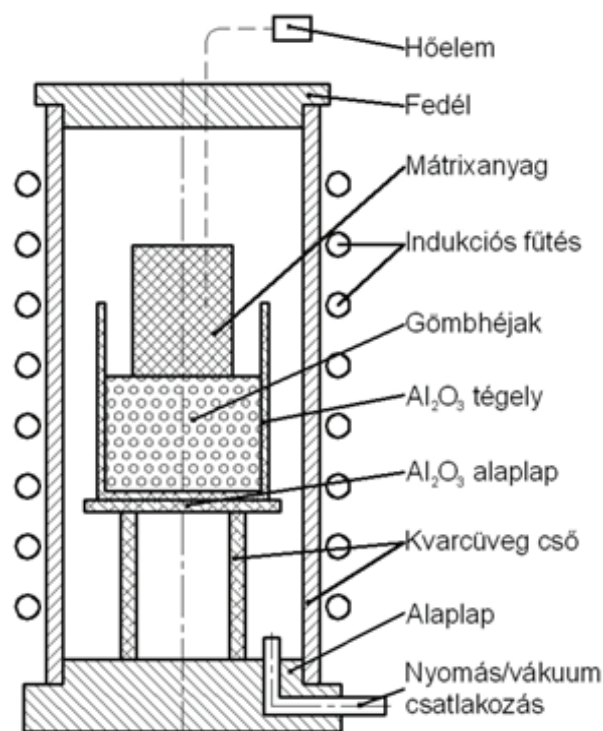
A harmadik gyártási eljárás – az infiltrálás – szintén olvadék állapotban juttatja a mátrixanyagot a gömbhéjak közé, úgy, hogy külső nyomás segítségével biztosítja az infiltráláshoz szükséges küszöbnyomást. Az eljárásnak több alváltozata terjedt el, amelyeket a nedvesítési viszonyok alapján két nagy csoportba lehet besorolni. Amennyiben a nedvesítési viszonyok kedvezőek ($\theta < 90^\circ$), úgy az infiltráció spontán megtörténik (nincs szükség külső nyomásra) és lényegében egyfajta gravitációs öntés valósul meg [27-30]. Ezek a viszonyok jellemzően a fém gömbhéjak fémolvadékkal történő infiltrálásakor állhatnak fent. A szintaktikus fémhabok nagyobb részében azonban üveg, vagy kerámia erősítőanyagot alkalmaznak, amelyek nedvesítési viszonyai általában kedvezőtlenek ($\theta > 90^\circ$) a fémolvadékokban.

Ilyenkor egy határnyomást (küszöbnyomás) meghaladó külső nyomásra van szükség a sikeres infiltrációhoz. A külső nyomás biztosítható valamilyen (inert) gázzal [31-38], vagy mechanikai úton (például egy dugattyúval) [39, 40].

Fontos megjegyezni, hogy a nyomásos infiltrálás nagyfokú hasonlóságot mutat a meleg kamrás kisnyomású nyomásos öntéssel, így vizsgálata alapot adhat a szintaktikus fémhabok tömeggyártásához. Az eljárásnak három technológiai változója van: az infiltrálási nyomás, az infiltrálási idő és az infiltrálási hőmérséklet. A három változó együttesen határozza meg a szintaktikus fémhab gyártható méreteit és minőségét. Megjegyzendő, hogy az infiltrálási hőmérséklet (bár a viszkozitáson, felületi feszültségeken és a kémiai reakciók intenzitásán keresztül befolyásolja a folyamatot), mátrixanyagoként viszonylag szűk sávban kötött. Az infiltrálási nyomás tekintetében a szakirodalomban elérhető modellek lineáris összefüggést jósolnak az infiltrált hossz és az infiltrálási nyomás között [41-47]. Az infiltrálási idő tekintetében a publikált modellek az infiltrált hossz négyzetgyökös függését vezetik le az infiltrálási nyomás (p), a dinamikai viszkozitás (η), a felületi feszültség (γ), a nedvesítési peremszög (θ) és az infiltrálandó erősítőanyag részecskéi között kialakuló kapillárisok jellemző méretének (r) függvényében. Az összefüggések ugyanakkor számos egyszerűsítést tartalmaznak: (i) geometriai egyszerűsítések



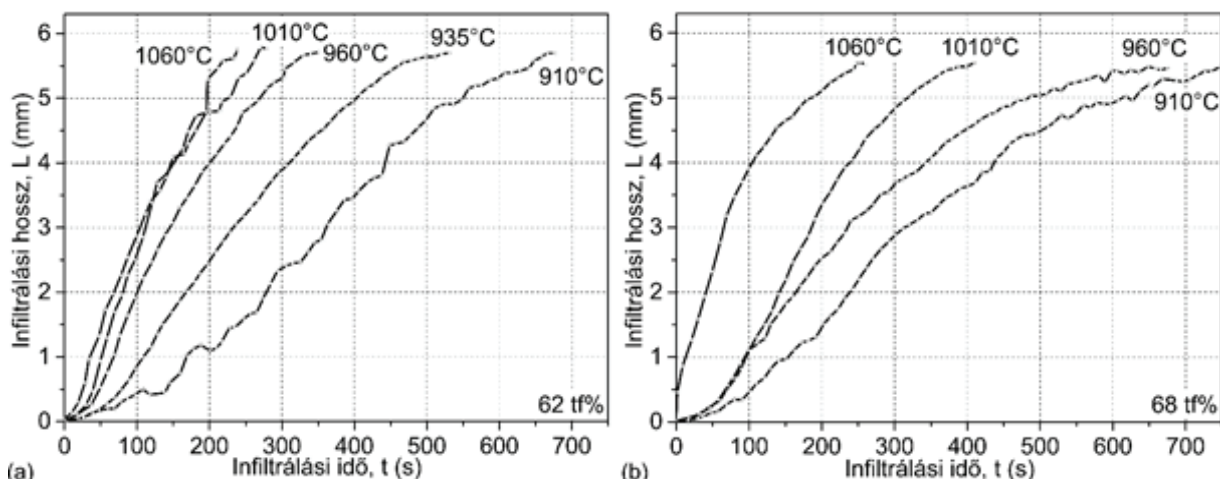
1. ábra Nyomásos infiltráló berendezés, Rohatgi alapján [31]



2. ábra Nyomásos infiltráló berendezés, Palmer alapján [33]

(periodicitás, a kapillárisok alakjának idealizációja), (ii) a lehetséges kémiai reakciók elhanyagolása és (iii) egyéb fizikai hatások elhanyagolása (nedvesítési peremszög időfüggése, légellenállás, gravitáció stb.). Az egyik első munka Washburn levezetése. A szerző egyenes kapillárisokra vonatkozóan zárt összefüggésre jutott az infiltrált hossz és infiltrálási idő között [43], ugyanakkor kijelenti, hogy a bonyolultabb geometria az összefüggéseket is komplexebbé teszi és a fizikai mérések megbízhatóbb eredményeket szolgáltatnak. Semlak és Rhines kötegelt kapillárisokat tartalmazó konfigurációt vizsgálva jutott hasonló eredményre [45]. Asthana és szerzőtársai [41] nemreaktív fémmátrixú kompozit rendszereket tanulmányozva azt a következtetést vonták le, hogy a különösen összetett fizikokémiai és hidrodinamikai hatások kapcsolódása révén összefoglaló, elméleti alapokon nyugvó egyenlet hiányában a direkt kísérletek és mérések célravezetőbbek és

peremszögre gyakorolt hatását vizsgálta fém – oxid-kerámia rendszerekben. Az O befolyásolta kémiai reakciók a nedvesítési peremszöget akár 40°-kal is csökkentheti. Fontos eredményre jutott Muscat és Drew [50] a TiC és Al nemreaktív rendszer példáját vizsgálva. Méréseik újfent kimutatták a rövid infiltrálási idő tartományában megjelenő inkubációs szakaszt (3. ábra). Összefoglalva, megállapítható, hogy habár a szakirodalom kiterjedten foglalkozik az infiltrálási paraméterek hatásainak leírásával, nem áll rendelkezésre teljes elméleti modell az infiltrálási hossz meghatározására. A szakirodalomban javasolt modellek jelentős befolyású fizikokémiai hatásokat hanyagolnak el, így a mérések vezetnek a legjobb eredményre. A nyomásos öntésbe történő átültetés miatt, különösen fontosak a rövid időtartományban ($t < 10$ s) végzett mérések eredményei, amelyek tisztázhatják a szakirodalomban gyakran csak inkubációs szakasznak nevezett tartomány tulajdonságait.



3. ábra Az infiltrált hossz változása az infiltrálási idő és hőmérséklet függvényében TiC és Al nemreaktív rendszerében (a) 62 tf% és (b) 68 tf% térkitöltés, Muscat és Drew [50] nyomán

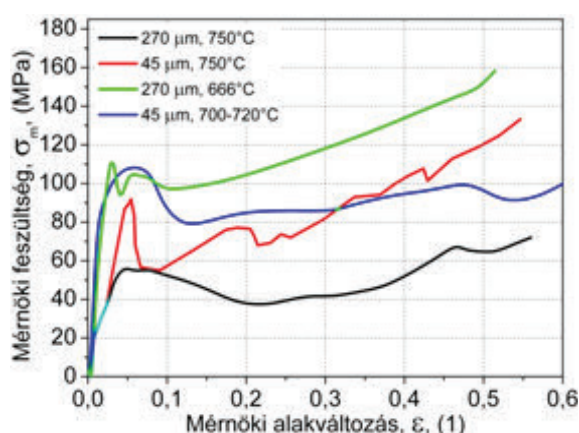
pontosabb eredményt nyújtanak. Garcia-Cordovilla csoportja [42] megvilágította, hogy az elméleti megközelítéseknek vannak bizonyos hiányosságaik, például nem adnak magyarázatot az infiltrált hossz – infiltrálási idő diagramokon megfigyelhető inkubációs szakaszra. Kaptay [45] elméleti alapon, a felületi energiák elmélete felől megközelítve tanulmányozta a kapilláris áramlások dinamikáját nagy hőmérsékleten. Kevorkijan [48] 7 t% Si-mal és 0,3 t% Mg-mal ötvöztött alumínium infiltrációját vizsgálta több erősítőanyag (SiC , Si_3N_4 , AlN , Mg_3N_2 , TiO_2 , SiO_2) kapcsán. Eredményei mindig az egyenletek által prognosztizált négyzetgyökös összefüggést mutatták az infiltrált hossz és az infiltrálási idő között. Eustathopoulos társaival [49] az O, nedvesítési

2. A szintaktikus fémhabok kvázi-statisz szabadzömítése

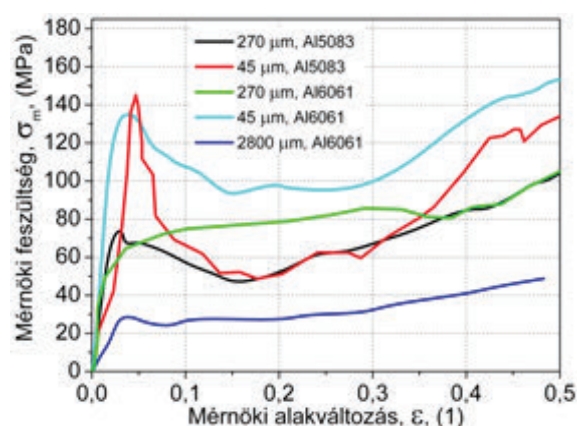
A fémhabokat szerkezetüknél fogva leginkább a nyomás jellegű igénybevételeknek kitett alkalmazásokban használják. A szakirodalomban található, a szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságaival foglalkozó publikációk ~80%-a a nyomóvizsgálat meghatározható jellemzőkre koncentrált. Az összehasonlíthatóság kedvéért a nyomóvizsgálatot és a vizsgálattal meghatározható eredményeket szabványosították is [5, 6].

Ez a fejezet rövid áttekintést ad a szakirodalom vonatkozó részeiből a legfontosabb megállapításokra szorítkozva. Balch és kollégái [51, 52] (4. ábra) a mát-

rix- és az erősítőanyag közötti terhelésátadást vizsgálták diffrakciós módszerekkel Al ötvözet mátrixú szintaktikus habokban. Kimutatták, hogy a legjobban kihasználható szintaktikus fémhabokban a mátrixanyag folyáshatárának és a beépített gömbhéjak törési szilárdságának célszerű minél közelebb esnie. Emellett a vizsgálatokat növelt alakváltozási sebességgel végezve 10-30%-os szilárdságnövekedést tapasztaltak. Dou és munkatársai [53] kvázi-statisztikus és növelt alakváltozási sebességű, síklapok közötti zömítéssel kimutatták, hogy az Al ötvözet mátrixú szintaktikus fémhabok határozott alakváltozási sebesség érzékenységet mutatnak. Goel és társai [54, 55] Al ötvözet mátrixú szintaktikus habok dinamikus igénybevétel hatására tanúsított viselkedését tanulmányozták. Kimutatták, hogy a szintaktikus fémhabok egy adott alakváltozási sebességnél nyújtották a legkedvezőbb nyomószilárdságot és energiaelnyelő képességet. Lehmhus, Peroni és munkatársai vasötvözet mátrixú, üveg gömbhéjakkal töltött szintaktikus fémhabok vizsgálatát végezte el több alakváltozási sebesség mellett. A vizsgálatok eredményeiből arra következtettek, hogy a fémhabok alakítási sebesség érzékenysége elsősorban a mátrixanyag hasonló tulajdonságával van összefüggésben [14, 52, 53]. Luong és munkatársai [58, 59] Al és Mg ötvözet mátrixú szintaktikus fémhabokat hasonló módszerekkel vizsgálva arra jutott, hogy az alakváltozási sebesség növekedésével a nyomószilárdság és az energiaelnyelő képesség is monoton nő. Ugyanez a kutatócsoport extrém kis sűrűségű ($0,97 \text{ gcm}^{-3}$), SiC gömbhéjakkal előállított Mg ötvözet alapú szintaktikus habok vizsgálatát is elvégezte. A nyomószilárdság és a törési energia az alakváltozási sebesség függvényében nőtt, és elérte a kvázi-statisztikus körülmények között mért értékek másfélszere-



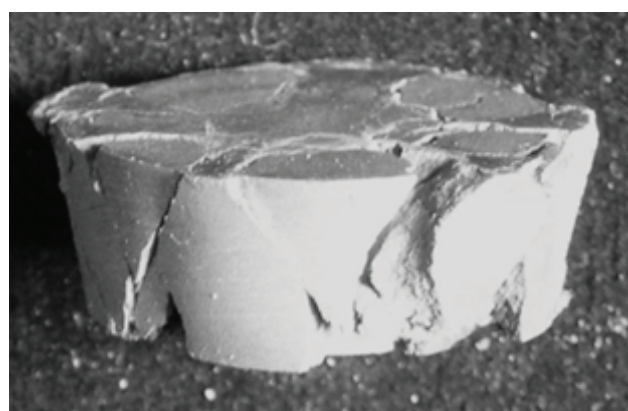
4. ábra Al1350 mátrix anyagú szintaktikus habok nyomófeszültség-alakváltozás görbéi és Balch és társainak [51, 52] eredménye (kék), Palmer és társai nyomán [33]



5. ábra Al5083 és Al6061 szintaktikus habok nyomófeszültség-alakváltozás görbéi, Palmer és társai nyomán [33]

sét is [60]. Mondal és szerzőtársai [22, 24] keveréssel előállított Al ötvözet mátrixú szintaktikus fémhabokat vizsgáltak szoba- és növelt hőmérsékleten. Méréseik kimutatták, hogy a gömbhéjak térkitöltésének növelésével a platófeszültség hatványtörvény szerint csökkent. Palmer és társai [33] (4-6. ábrák) már a gömbhéjak méretének hatására is kitértek és Al ötvözet mátrixú szintaktikus fémhabokat vizsgálva megállapították, hogy megfelelő mátrix – gömbhéj – hőkezelés kombinációkkal a szintaktikus fémhabok tulajdonságai optimalizálhatók. A gömbhéjak falának mikroszerkezetét vizsgálva megállapították, hogy a nagyobb átlagos átmérőjű (és falvastagságú) gömbhéjak több mikroszerkezeti hibát tartalmaznak, mint a kisebbek (és vékonyabb falúak), ennek megfelelően pedig a kisebb gömbhéjak nagyobb szilárdságot biztosítanak, mint a nagyobbak.

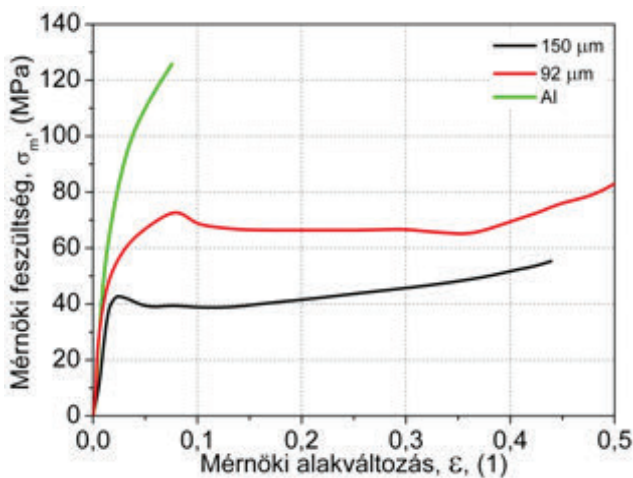
Rohatgi és munkatársai a gömbhéjak térkitöltését vették górcső alá. Méréseik során megállapították, hogy a sűrűség növekedésével (a gömbhéjak



6. ábra 50 %-os alakváltozásig zömített próbatest képe, a próbatest egyben maradt, Palmer és társai nyomán [33]

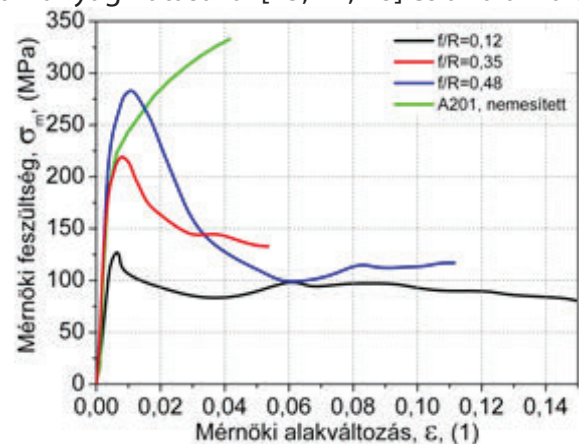
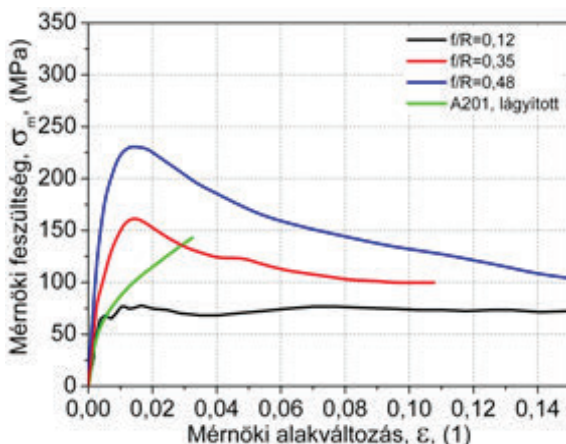
menyiségének csökkenésével) a nyomószilárdság és a merevség is növekedett. A milwaukee-i egyetem munkatársai [61-63] Al_2O_3 anyagú gömbhéjakat tartalmazó szintaktikus fémhabokat vizsgáltak kvázi-statisztikus és dinamikus körülmények között. A mérési eredmények alapján módszert adtak a mechanikai tulajdonságok becslésére is. Tao és kollégái [64, 65] gáznyomásos infiltrálással állítottak elő Al-Mg-Si ötvözet mátrixú szintaktikus fémhabokat, amelyeket húzó-, nyomó- és nyíró vizsgálatoknak is alávetettek. További Al porszemcsék beépítésével (a gömbhéjak térkitöltésének csökkentésével) a szívósság, a nyomószilárdság és az elnyelt fajlagos energia növekedését figyelték meg. Wu és munkatársai [66] (7. ábra) Al ötvözet mátrixú szintaktikus

nyek alapján kapcsolatot teremtettek a gömbhéjak falvastagsága és a szintaktikus fémhabok nyomószilárdsága között. Megállapították, hogy a kisebb átlagos átmérőjű gömbhéjak nagyobb szilárdságot biztosítottak. Zhang és Zhao [39] a gyártási költségek csökkentésének céljával vizsgálta az olcsóbb, ámde kevésbé kontrollált minőségű gömbhéjak alkalmazásának lehetőségét kvázi-statisztikus és dinamikus mérési körülmények között is. Munkájuk során megállapították, hogy a fémhabok platófeszültsége és energiaelnyelő képessége nagyobb mértékben függ az Al ötvözet mátrix tulajdonságaitól, mint az alkalmazott gömbhéjak jellemzőitől. Kiser [105] a hőkezelés hatását is vizsgálta a gömbhéjak tulajdonságainak és méretének függvényében (8. ábra). Zou és szerzőtársai [67] Al ötvözet mátrixú szintaktikus habok tulajdonságait vizsgálták dinamikus nyomó igénybevétel (split-Hopkinson rúd) hatására. Kimutatták, hogy a nagyobb alakváltozási sebesség nagyobb szilárdságértékeket és elnyelt mechanikai energiát eredményezett. Fiedler és kutatócsoportja [68-71] kis költséggel előállítható, építőipari perlitet tartalmazó szintaktikus fémhabokat vizsgált kvázi-statisztikus és dinamikus körülmények között. A kvázi-statisztikus eredményekhez képest a nyomószilárdság kismértékű növekedését mutatták ki. Megállapították, hogy a perlit jelenléte jótékony hatással van a nagy sebességű igénybevételnek történő ellenállásra, vélhetően a perlitszemcsékben, az alakváltozás hatására felépülő gáznyomásnak köszönhetően. Az eddigi részleteket illetően, saját kutatómunkájában a szerző az infiltrálás paramétereinek, a szintaktikus fémhabok tulajdonságaira gyakorolt hatásával [35], a gömbhéjméret hatásával [72-74], a gömbhéjak anyagának hatásával [75, 76], a mátrixanyag hatásával [73, 77, 78] és az alakváltozá-



7. ábra Jellemző nyomódiagramok, Wu és társai nyomán [66]

fémhabok kvázi-statisztikus nyomóvizsgálatát írták le. Megállapították, hogy lágyított állapotban a fémhabok még nagy képlékeny alakváltozásokat is képesek törés nélkül elviselni. A mérési eredmé-



8. ábra Lágyított (balra) és nemesített (jobbra) állapotú A201 mátrix anyagú szintaktikus fémhabok és mátrixanyaguk mérési feszültsége a mérési alakváltozás függvényében, Kiser és társai nyomán [105]

si sebesség hatásával [79, 80] foglalkozott.

A szintaktikus fémhabok elvileg bármilyen fémöt-vözzel előállíthatók. Erre mutat példákat Huang és csoportja [81, 82], és Daoud [20] valamint Rohatgi és munkatársai [83, 84] magnézium ötvözet, Daoud pedig [18, 20] cink mátrixanyagú fémhabokkal. A gömbhéjak csökkentették a sűrűséget és a szintaktikus fémhabok, a „hagyományos” (gömbhéjak felhasználása nélkül) gyártott fémhaboknál jóval merevebbek és nagyobb szilárdságúak voltak. Peroni és társai [85, 86] vas ötvözet mátrixú szintaktikus fémhabokkal kísérleteztek, amelyekben az erősítőanyagot üveggömbhéjak halmaza adta. Ezek a fémhabok ugyan az alumínium alapú társaiknál jóval nagyobb sűrűségűek, a nyomószilárdságuk is jelentősen megnövekedett. Így a fajlagos tulajdonságok közel változatlanok maradtak, de jóval olcsóbb alapanyagokat használtak fel. Castro és Nutt [30, 40] is vasötvözet mátrixú szintaktikus fémhabokkal kísérletezett, de az erősítést Al_2O_3 anyagú gömbhéjak alkották. A gravitációs öntéssel, illetve nyomásos infiltrálással történő gyártás mellett a fémhabok nyomóvizsgálati jellemzőit és kis sebességű idegen tárgy becsapódásakor mutatott tulajdonságait is vizsgálták [87]. Rabiei és kollégái [9, 10, 12, 46, 47] vasötvözet alapú gömbhéjakat alkalmaztak Al ötvözet és vasalapú szintaktikus fémhabok előállításához többnyire porkohászati módszerrel. A szintaktikus fémhabok kiemelkedő elnyelt energia – sűrűség hányadost mutattak. Zhang és Ma [88] pedig karbon mátrixú, karbon gömbhéjakat tartalmazó szintaktikus habok gyártását és vizsgálatát mutatta be.

A szintaktikus fémhabok előállításához általában egy unimodális eloszlású, a lehetőségek szerint minél kisebb méretszórású gömbhéj halmazt alkalmaznak erősítőanyagként. Ugyanakkor érdekes lehetőségeket vet fel két, vagy esetleg több, alapvetően (akár anyagában, akár átmérőjében) különböző gömbhéjhalmaz használata. Tao és társai [89] azonos anyagú, de különböző átlagos átmérőjű, bimodális átmérő eloszlású gömbhéjakat építettek Al ötvözet mátrixba. A különböző névleges átmérőjű frakciók arányát változtatva megállapították, hogy a szintaktikus fémhab sűrűsége (az unimodális gömbhéjakat tartalmazó habokhoz képest) akár 25%-kal csökkenthető. A bimodális gömbhéjakat tartalmazó szintaktikus fémhabok állandó és nagy feszültség szintű platós szakaszt és kiváló energiaelnyelő képességet mutattak. Daoud [19] a „hagyományos” és szintaktikus fémhabokat kombinálta úgy, hogy egy gázzal habosító módszernél alkalmazott alapanyagba kerámia gömbhéjakat kevert. A hibrid hab

zömítés során szívósabb viselkedést és nagyobb nyomószilárdságot mutatott, mint „hagyományos” társaik. Hasonló megoldást alkalmazott Xia is társaival [90]: az ömledékhabosító eljárás során különböző minőségű és mennyiségű kerámia gömbhéjakat adagolt az ömledékhez. A vizsgálataik kimutatták, hogy a fémhabok cellafalaiban elhelyezkedő kerámia gömbhéjak jelentős hatással vannak a nyomószilárdságra, az alakváltozási- és energiaelnyelő képességre. Külön kutatási terület a szintaktikus fémhabok és hibrid habok kopási tulajdonságainak vizsgálata, amit hazai műhelyekben is folytatnak [91-97].

Összefoglalva, a szakirodalomban számos anyagpár és külső körülmény, tényező hatását vizsgálták a szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságaira vonatkozólag. Ezek a részletek helyenként elmentmondásosak és nem nevezhetők teljeskörűnek. A hatékony és biztonságos tervezéshez azonban szükség van az anyagi jellemzőkre, valamint a kapcsolatokra az anyagi jellemzők és a szintaktikus fémhabok gyártási módszere (lásd előző fejezet), összetevői, állapota között.

3. A szintaktikus fémhabok növelt alakváltozási sebességű zömítése

A szintaktikus fémhabok – mint általában a fémhabok – egyik első alkalmazási gondolata a lökés-, ütközés csillapítás volt, később felmerült (jelenleg is fejlesztés alatt áll) a személy-, gépjármű- és épületvédelem kérdésköre is. Ezeknél az alkalmazásoknál jelentős szerep jut a nagy sebességű igénybevételek ellenében mutatott ellenállásnak, ez motiválta az erre irányuló méréseket. Ennek megfelelően ebben a fejezetben, az előállított szintaktikus fémhabok növelt alakváltozási sebességű nyomóvizsgálatainak eredményeit ismertetem.

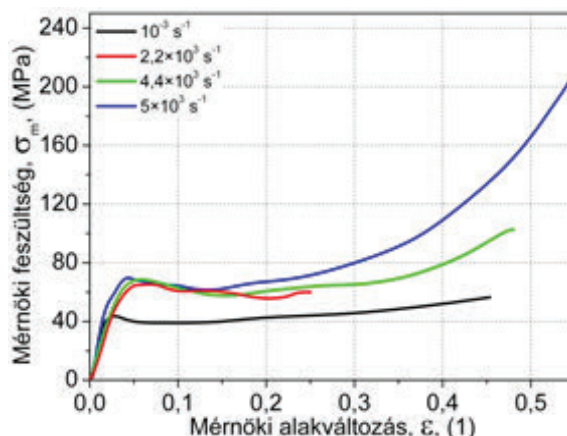
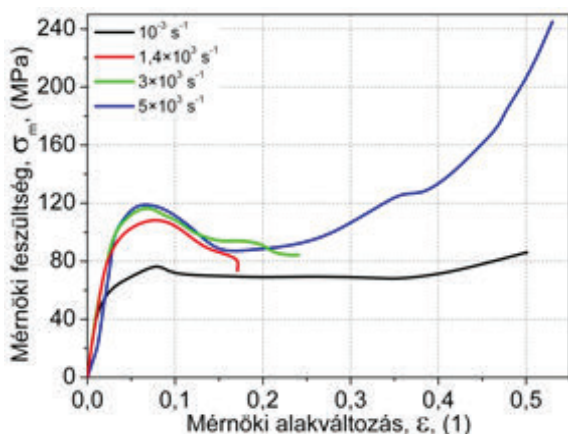
A kvázi-statisztikus állapotban végzett vizsgálatokkal ellentétben a fémhabok nagy alakváltozási sebességre adott válasza kevésbé kutatott, annak ellenére, hogy az ütközési zónákban való alkalmazásban komoly szerepet tölthetnek be. Ebben az alfejezetben a szakirodalom azon elemeit ragadom ki, amelyek a növelt alakváltozási sebesség hatásának leírására törekednek.

Balch és társai kerámia mikrogömbhéjjal töltött tiszta alumínium, illetve Al-Zn ötvözet mátrixú fémhabot gyártottak és vizsgáltak. Kvázi-statisztikus körülmények mellett a nyomószilárdság 100 MPa-ra, illetve 230 MPa-ra adódott, ehhez képest a dinamikus nyomóvizsgálat (2300 s^{-1}) a nyomószilárdsági érték

10-30%-os növekedését eredményezte [52]. Gupta és társai Al-Si-Mg-Cu és Mg-Al-Zn-Mn mátrixanyagú szintaktikus fémhabokat vizsgáltak. Nagyobb alakváltozási sebesség mellett nagyobb nyomószilárdságot és nagyobb energiaelnyelő képességet mértek [58, 59]. Vizsgálataikat kiegészítették SiC gömbehéjakkal töltött Al-Si-Mg ötvözet mátrixú fém kompozitok kvázi-statisztikus és dinamikus tulajdonságainak vizsgálatával és megállapították, hogy a minták nyomószilárdsága nem mutat összefüggést az alakváltozás sebességével [98, 99]. Vizsgálataikat magnézium mátrixszal megismételve másfélszeres nyomószilárdságot mértek [60]. Santa-Maria és társai Al-Si-Cu-Zn ötvözet mátrixú Al_2O_3 mikrogömbhéjakkal töltött szintaktikus fémhab kvázi-statisztikus és dinamikus tulajdonságait vizsgálták. A méréseket 880 s^{-1} -os és 1720 s^{-1} -os alakváltozási sebesség mellett végezték. A fémhabok mechanikai tulajdonságai nem függtek az alakváltozási sebességtől, azok értékei hasonlóak voltak a kvázi-statisztikus vizsgálatokból kapott értékekhez [72]. Zou és társai alumínium mátrixú szintaktikus fémhabok dinamikus tulajdonságait vizsgálták split-Hopkinson teszttel. A dinamikus terhelés alatt tapasztalt energiaelnyelés 70%-kal nagyobb volt a kvázi-statisztikus terheléskor tapasztaltnál képest. Ennélfogva, az alumínium mátrixú szintaktikus fémhabok alkalmasak lehetnek légi járművekben és az autóipari egyes területein való alkalmazásra a nagy fajlagos szilárdságuknak és kiváló energiaelnyelő képességüknek köszönhetően [73]. Dou és társai cenosphere-rel töltött tiszta alumínium mátrixú szintaktikus fémhabok nagy alakváltozási sebességű nyomóvizsgálatát végezték el. Úgy találták, hogy egyértelmű összefüggés van

az alakváltozási sebesség és a nyomószilárdsági érték között, ami a kvázi-statisztikus terheléskor mért $45\text{--}75\text{ MPa}$ -ról $65\text{--}120\text{ MPa}$ -ra nőtt. Megfigyelték továbbá az energiaelnyelő képesség 50-70%-os növekedését is [63].

Goel és társai cenosphere-rel töltött alumínium mátrixú szintaktikus fémhabok nyomóvizsgálatával foglalkoztak, amit kvázi-statisztikus állapot és nagy, 1400 s^{-1} -os alakváltozási sebesség közötti értékeken végeztek el. Megállapították, hogy a vizsgált szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságai nagy alakváltozási sebességtől való függést mutatnak [54, 55, 100]. Fiedler és társai Al-Si-Mg ötvözet mátrixú, építőipari perlitel töltött szintaktikus fémhabok dinamikus nyomóterhelés melletti vizsgálatát végezték el. A vizsgálatok alapján úgy találták, hogy az anyag szilárdsági értékei kismértékben, de nőttek az alakváltozási sebesség növelésével [68]. Mondal és társai alumínium mátrixú szintaktikus fémhabot vizsgáltak különböző alakváltozási sebességek ($10\text{--}2\text{--}10\text{--}1\text{ s}^{-1}$) mellett. Az alakváltozási sebesség hatása elhanyagolható mértékű volt [101, 102]. Lehmus és társai üveg gömbehéjakkal töltött vas mátrixú fémhabokat vizsgáltak. Több különböző típust állítottak elő, amelyekben a töltőanyag szilárdsága és mennyisége (t%) különböző volt. Az alakváltozási sebességtől való függés döntően az alkalmazott mátrixanyagtól függött [14, 56, 57]. Rabiei és társai acél-acél és alumínium-acél fémhab kompozitokat állítottak elő különböző pórusméretekkel gravitációs öntéssel és porkohászati eljárással. A vizsgálatok alapján megállapították, hogy a vizsgált anyagok fajlagos energiaelnyelő képessége a $2,2\text{ mm}$ -es gömbökkel töltött hab kompozitoknál 30%-kal na-



9. ábra $90\text{ }\mu\text{m}$ -es (balra) és $150\text{ }\mu\text{m}$ -es (jobbra) átlagos gömbehéj átmérővel rendelkező szintaktikus habok statikus- és dinamikus körülmények között rögzített mérnöki feszültség-mérnöki alakváltozás diagramjai, Dou és társai nyomán [63]

gyobb volt, mint a nagyobb alakváltozási sebesség mellett vizsgált 5,2 mm-es gömbökkel töltött hab kompozitok energiaelnyelő képessége. A terhelés növelésével a folyáshatár egyértelmű növekedését tapasztalták [13, 103, 104].

Az ismertetett kutatások fontos, de olykor ellentmondó információkat adnak a fémhabok dinamikus tulajdonságairól. Ebből arra következtethetünk, hogy habár a vizsgált anyagok felépítése hasonló, tulajdonságaik nagyban függenek az alkotóik viselkedésétől.

4. A szintaktikus fémhabok radiális irányban gátolt zömítése

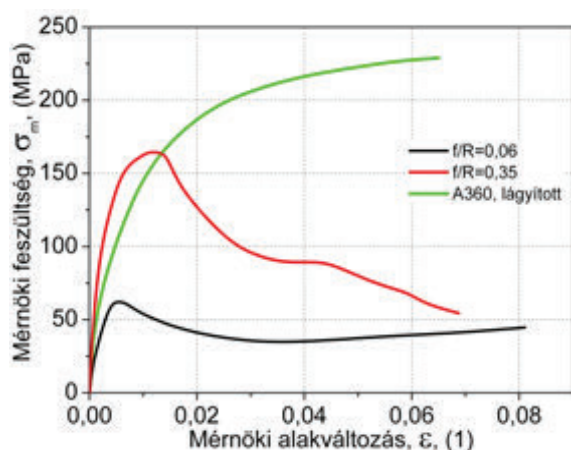
A szintaktikus fémhabok alkalmazási példái többször irányoznak elő olyan beépítési módot, amikor az alkatrész nyomó igénybevétel alatt van, de alakváltozása gátolt. A szintaktikus fémhabok ilyen körülmények közötti tulajdonságait foglalja össze ez a fejezet.

Ebben a témakörben – speciális mivolta és nehezebb kivitelezhetősége miatt – jóval kevesebb szakirodalmi forrás érhető el. Így jóval kevesebb információ áll rendelkezésre a gátolt alakváltozás okozta, többtengelyű feszültségi állapotban lévő szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságairól. Ennek a területnek a vizsgálata két okból indokolt. Egyrészt a gátolt alakváltozási körülmények között terhelt fémhabok várhatóan jóval nagyobb mechanikai energiát képesek elnyelni alakváltozásuk során, mint a sík lapok közötti szabad zömítés

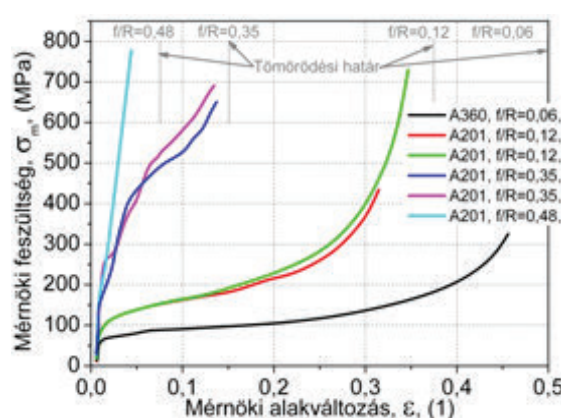
során. Másrészt azokban az alkalmazásokban, ahol üreges szelvényeket építenek be, a szintaktikus fémhab töltőanyaggal jelentősen növelhető a szerkezet mechanikai stabilitása, a stabilitásvesztésnek történő ellenállása.

Kifejezetten ezzel a problémakörrel foglalkoztak Kiser és munkatársai [105] (10. és 11. ábra) a vegyoxid kerámia gömbhéj erősítésű, alumínium ötvözet mátrixú szintaktikus habok vonatkozásában. Munkájukban a szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságait vizsgálták síklapok közötti szabad és radiális irányban gátolt, vagyis már a terhelés kezdetétől többtengelyű feszültségi állapotot megvalósító zömítéssel.

A síklapok közötti szabad zömítés során a tönkremenetel már kis tengelyirányú alakváltozás hatására is megindult és egy lokalizált törési sáv formájában jelent meg. Radiális irányban gátolt alakváltozású, többtengelyű feszültségi állapotot jelentő zömítés során az alakváltozáshoz szükséges feszültség fokozatosan és monoton növekedett, valamint a szintaktikus fémhabok energiaelnyelő képessége kimagaslóan nagy volt. Ezen eredmények alapján a szerzők azt a következtetést vonták le, hogy a szintaktikus fémhabok kiváló anyagok lehetnek olyan alkalmazásokhoz, ahol lokálisan nagy terhelésnek (például becsapódó anyagdarab), globálisan pedig nyomó terhelésnek vannak kitéve. A kutatók kiemelik azt is, hogy a gömbhéjak mennyiségének és alaki jellemzőinek (átmérő, átmérő / falvastagság hányados) célszerű megválasztásával a szintaktikus fémhabok energiaelnyelő képessége és nyomószilárdsága



10. ábra Lágyított állapotú A360 mátrixanyagú szintaktikus fémhabok és mátrixanyaguk mernöki feszültsége a mernöki alakváltozás függvényében, Kiser és társai nyomán [105]



11. ábra Radiális irányban gátolt alakváltozású próbatestek mernöki feszültség – mernöki alakváltozás diagramjai (L=lágyított, N=nemesített), Kiser és társai nyomán [105]

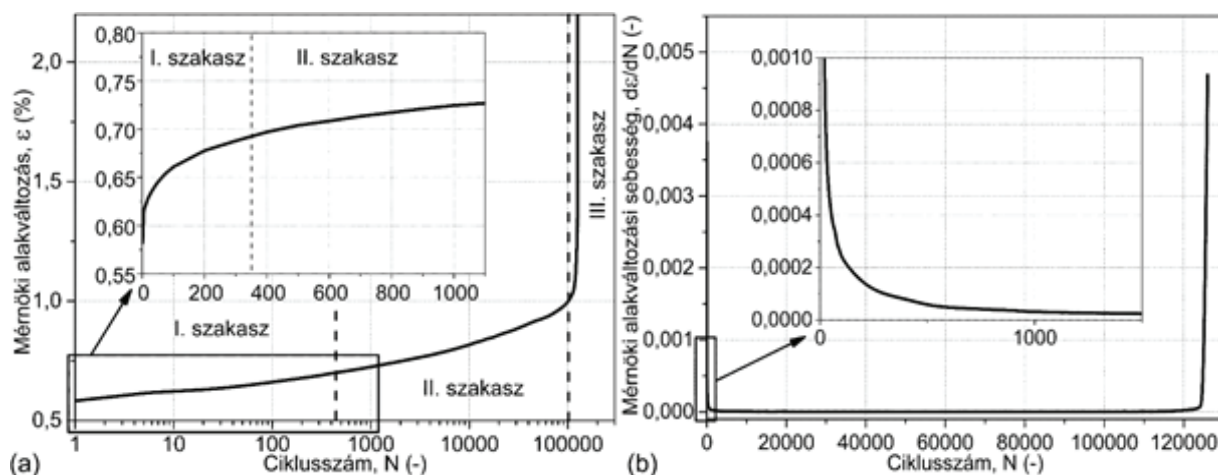
testreszabható.

Tao és kollégái Al-Mg-Si ötvözet mátrixú, SL típusú, vegyesoxid kerámiából álló gömbhéjakkal erősített szintaktikus fémhabokat vizsgáltak [65]. Az anyagok tulajdonságainak elemzése mellett a próbatestek tönkremenetelét is vizsgálták és megállapították, hogy a sík lapok közötti zömítés során a tönkremenetel módja egy határozott törési sáv megjelenése (Griffith-féle hasadási törés), amely a terhelési iránnyal ~45-os szöget zár be, vagyis a legnagyobb nyíróigénybevételnek megfelelő síkban jelentkezik. A radiális irányban gátolt alakváltozású zömítések-nél a próbatestek fokozatos tömörödését figyelték meg, kitüntetett hasadási sík nem jött létre a darabokban. A mátrixanyag képlékeny deformációjával kitöltötte az összeroppanó gömbhéjak által üresen hagyott teret és ennek során a próbatestek nagymértékű mechanikai energiát nyeltek el. Ehhez a területhez kapcsolódóan a szerző is végzett kísérleteket, figyelembe véve a gömbhéjak méretének, a mátrixanyag minőségének és a szintaktikus fémhabok hőkezeltiségi állapotának hatását [106].

5. A szintaktikus fémhabok viselkedése ismétlődő nyomó igénybevétel hatására

Ipari környezetben üzemelő gépekben gyakori igénybevételi forma az ismétlődő (nem ritkán időben változó feszültségparaméterekkel leírható) ciklikus igénybevétel. A szakirodalomban fellelhető források nagyon korlátozott adatforrást nyújtanak a fémhabok (általában a fémhabok) fáradási jellemzőiről, különösen kevés és korlátozott az elérhető eredmény a szintaktikus fémhabokra vonatkozóan. Ebben a fejezetben a szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságairól esik szó, lüktető nyomó igénybevétel hatására.

Összefoglaló munkájukban Ashby és munkatársai [107] kitérnek a különböző fémhabok húzó, nyomó és nyíró módú fárasztására és javaslatokat fogalmaznak meg a próbatestek alakjára és méreteire vonatkozóan. Hasonló mintát követve Degischer és Kriszt összefoglalja a vizsgálatok általános körülményeit és eredményeit [108]. Soubielle és társai ~400 μm pórusméretű, nyílt cellás fémhabokat vizsgált lüktető húzó terheléssel ($R=0,1$). A habok ciklikus kúszást mutattak, aminek mértékére erős hatással volt a habok relatív sűrűsége [109]. Amsterdam és társai porkohászati úton előállított Al-Ti fémhabokon végeztek szakítóvizsgálatokat és ciklikus húzóvizsgálatokat. A lüktető húzóterhelés először kismértékű, majd egyre gyorsuló ütemű alakváltozást eredményezett, ami a próbatest törésével végződött. A fáradásos repedések a terhelésre merőleges irányban terjedtek az α -Al dendriteken keresztül, ami a kiválásuktól csaknem teljesen mentes töretfelülethez vezetett [110]. Harte és kutatótársai lüktető húzó és lüktető nyomó terhelés ($R=0,1$) mellett hasonlítottak össze kereskedelmi forgalomban kapható nyílt- és zártcellás fémhabokat. A nyílt cellás fémhabok egyenletes pórusméretüknek és szerkezetüknek köszönhetően egyenletes alakváltozást mutattak. Ezzel szemben a kevésbé homogén felépítésű zártcellás fémhabokban egyetlen törési zóna jött létre, amely a ciklusok számával egyre szélesedett, monoton alakváltozás mellett [111]. McCullough és Fleck hasonló terhelési körülmények között vizsgált Al-Mg-Si alapanyagú fémhabokat a 0,1-0,4 relatív sűrűség tartományban. A fémhabok kifáradási határa a relatív sűrűséggel nőtt és a domináns tönkremeneteli forma a próbatestek lassú, majd egyre gyorsuló, de monoton alakváltozása volt, ami arra utal, hogy az élettartam nagyon érzékeny a terhelési



12. ábra Idealizált alakváltozás-ciklus (a) és alakváltozási sebesség-ciklus (b) görbéi

amplitúdóra [112]. Banhart és Brinkers porkohászati úton, 0,5 t% TiH_2 habosítóanyaggal előállított Al-Si ötvözet alapanyagú (Al+7 t% Si), különböző relatív sűrűségű zártcellás fémhabokat vizsgált. A hengeres próbatesteket ($R=0,1$) feszültségasszimmetria-tényezőjű lüktető nyomó igénybevétellel terheltek. A vizsgálatok során a szerzők rámutattak, hogy az eredmények értelmezése erősen függ a tönkremeneteli kritériumtól, amit azonban a habok alakváltozási mechanizmusainak következtében nem magától értetődő definiálni [113]. Hasonló szerkezetű, de tiszta alumínium alapanyagból készített fémhabokat vizsgáltak Sugimura és társai, akik munkájukban először alkalmaztak olyan online képelemző berendezést, amellyel lehetővé vált a deformációs sávok megjelenésének és vastagodásának nyomon követése. A vizsgált zártcellás fémhabok viszonylag rövid élettartamot mutattak, a tönkremenetel a cellafalak stabilitásvesztéséből kiinduló erős alakváltozási sávok megjelenésével és vastagodásával ment végbe [114]. A fémhabok fáradásos károsodása három szakaszba osztható be, ezt mutatja meg a 12. ábra idealizált esetre.

Zhou és Soboyejo három, különböző hőkezeltégi állapotban (gyártás utáni állapot, lágyított állapot és mesterségesen öregített állapot) vizsgált Al-Mg-Si alapanyagú, nyílt cellás fémhabokat. A ciklikus terhelések hatására repedések jelentek meg a cellaéleken, amelyek addig terjedtek, míg a cellaél teljes egészében el nem törött. A törött cellaélek környezetében a terhelés a szomszédos cellaélek között oszlott meg, ami a sérülés mértékének gyorsulásához, majd alakváltozási sávok létrejöttéhez vezetett. Az alakváltozási sávok kialakulása jól nyomon követhető volt a próbatest makroszkopikus alakváltozásában tapasztalt apró ugrásokban [115, 116]. Lehmhus és munkatársai porkohászati úton előállított Al-Mg-Si anyagú fémhabokat vizsgált gyártási és kiválasosan keményített állapotban, lüktető nyomó igénybevétellel. A kiválasos keményítés szilárdságra gyakorolt pozitív hatása csak kismértékben jelentkezett a fáradási tulajdonságokban. A jelenséget a kiválasos keményedés okozta részleges ridegedéssel és a kezdeti repedések számának, a hőkezelés alatt történt növekedésével magyarázták [117]. Lin és kollégái egy TiNb ötvözetből előállított nyílt cellás fémhab csontpótló anyagként történő alkalmazásának lehetőségét hangsúlyozzák munkájukban. A kvázi-statisztikus vizsgálatok a klasszikus, fémhabokról alkotott képbe illeszkedtek, míg a fáradási viselkedés a [115, 116] publikációkban ismertetthez volt hasonlós. A fáradásos tönkremenetelt

okozó repedések a legnagyobb pórusok közelében elhelyezkedő cellaélek felületén jelentek meg [118]. Hakamada és társai sókioldásos technikával előállított alumínium habok ciklikus nyomóvizsgálatával foglalkoztak. A ciklikus terhelés során a próbatestek alakváltozása fokozatosan nőtt, az alakváltozás értékben ugrás nem volt megfigyelhető [119]. Zettl és munkatársai porkohászati úton gyártott Al-Si és Al-Mg-Si alapanyagú, zártcellás fémhabokat vizsgált nullkezdésű lengő igénybevétellel és ultrahang tartománybeli frekvenciával. Minden vizsgált fémhab kifáradási határa ~20%-a volt a platófeszültségnek, amit további ~15%-kal lehetett növelni megfelelő kiválasos keményítés segítségével. A tönkremenetelt repedésterjedés okozta, a repedések megjelenésének kitüntetett helyei voltak a cellafalakban esetlegesen jelenlévő kezdeti hibák (zárványok, anyagfolytonossági hiányok). A próbatestek tönkremenetele során nem tapasztalták alakváltozási sávok megjelenését és a vizsgálati frekvenciának elhanyagolható hatása volt több nagyságrenden belül (1 Hz-20 kHz között) [120, 121]. Rabiei és társai olyan zártcellás alumínium habokat vizsgáltak, amelyekbe előzetesen egy bemetszést készítettek. Vizsgálataik célja annak felderítése volt, hogy a bemetszés csúcsában létrejövő hő hogyan befolyásolja a fémhab kifáradási tulajdonságait. A vizsgálataik során megállapították, hogy a képződő hő nem elegendő ahhoz, hogy az anyag kilágyuljon, így a kifáradási mechanizmust elsősorban a cellafalakban jelentkező repedésterjedés uralja [122]. A próbatestek alakjának és méreteinek a kifáradási tulajdonságokra gyakorolt hatását vizsgálta Kim és Kim, zártcellás Al-Si-Ca habokon. Az eredményeikből megállapítható, hogy míg a különböző karcsúságú próbatestek kvázi-statisztikus körülmények között mért anyagjellemzői (merevség, folyáshatár, platófeszültség) azonosak voltak, a kisebb karcsúságú próbatestek kifáradási határa jóval kisebbre adódott [123]. Kolluri és társai zártcellás Al habok fárasztásával foglalkoztak lüktető nyomóigénybevétellel síklapok közötti és radiális irányban gátolt alakváltozási körülmények között. Eredményeikkel kimutatták, hogy míg a fáradási tönkremenetelre jellemző, eleinte lassú maradó alakváltozás növekedés független volt a gátolt alakváltozástól, addig a felgyorsuló alakváltozási sebességű szakaszban a hatás jelentős volt [124]. Olurin és munkatársai 0,1-0,4 relatív sűrűség közötti zártcellás Al-Mg-Si habok repedésterjedési tulajdonságaival foglalkoztak. A méréseket klasszikus CT geometriával gyártott próbatesteken, a lineárisan rugalmas törésmechanikai összefüggések alapján végezték.

A mérési eredményekre a Paris-Erdogan összefüggést illesztették, amelynek kitevője extrém nagyra (~20-25) adódott. Ez arra hívja fel a figyelmet, hogy a fémhabok élettartamra méretezésénél a méretezési filozófiának a küszöb feszültségintenzitás tartományt (ΔK_{th}) kell határszámnak tekintenie, a stabil repedésterjedés alapján történő élettartambecslésre irányuló tervezés kockázatos [125]. Szintén a fáradásos repedésterjedéssel foglalkozott Motz és csoportja. Lüktető húzó- és lüktető nyomóvizsgálataikat zártcellás Al habokon és gömbhéjstruktúrákon (HSS – hollow sphere structures) végezték. A mérési eredmények szintén egészen nagy (~6-12) exponenst mutattak a Paris-Erdogan egyenletben, amit részben több repedés egyidejű terjedésével, a repedészáródás jelenségével és a repedések egyesülésével magyaráztak a szerzők. Az eredmények alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a fémhabok tönkremenetele nagymértékben függ a szerkezetüktől, felépítésüktől és nagy mennyiségű mérésre van szükség a fáradásos repedésterjedés pontos leírására [126]. Harte és társai már szendvicsszerkezeteket vizsgáltak ismétlődő, négy pontos hajlítóvizsgálattal [127]. Még tovább haladva Schultz és társai a fémhabok helikopter alkatrészként történő felhasználási lehetőségeit vizsgálták [128].

Az eddigiek összefoglalásaként megállapítható, hogy a szakirodalomban több és változatos fémhab típust vizsgáltak ismétlődő igénybevételi körülmények között. A legtöbb munkában közös az $R=0,1$ -es feszültségasszimmetria-tényező alkalmazása, ugyanakkor lényegi különbség mutatkozik a vizsgálati frekvenciában. A legrelevánsabb szakirodalmi hivatkozás Rabiei kutatócsoportjától származik, amelyben gravitációs öntéssel készített Al mátrixú, acél gömbhéjakkal töltött, illetve porkohászati úton készített, acél mátrixú és szintén acél gömbhéjakkal töltött szintaktikus fémhabokat vizsgáltak. Ciklikus nyomás alatt a próbatestek nagyfokú stabilitást mutattak és az alakváltozást a ciklusszám függvényeként rögzítő diagramot három szakaszra lehetett felosztani: (i) kezdeti szakasz, amelyben az alakváltozás lineárisan változik a ciklusszámmal, (ii) lassú alakváltozás szakasza, ahol az alakváltozási sebesség nagyon kicsi, nagy ciklusszámnál is csak kismértékű alakváltozás jön létre és (iii) nagy alakváltozási sebesség szakasza, ami alatt a próbatest teljes tönkremenetele néhány cikluson belül bekövetkezik. A vizsgált szintaktikus fémhabok alakváltozása homogén volt, alakváltozási sávokat nem tapasztaltak [11]. Hasonló, de nem teljesen azonos fémhabok a már említett gömbhéj struktúrák. Az acél gömb-

héjakból felépített szerkezeteket lüktető húzó és lüktető nyomó körülmények között is vizsgálták. Az eredmények azt mutatták, hogy a kifáradási jellemzőkre az alapanyag és az előállítási mód volt a legnagyobb hatással, mégpedig a cellafalak tulajdonságain és a gömbhéjak között létrejött kötések jellemzőin keresztül. Másodlagos paraméternek bizonyult a habok relatív sűrűsége. Az alkalmazott gömbhéjak átmérőjének hatása elhanyagolható volt, elsősorban a kifáradási görbe meredekségére volt hatással, magát a kifáradási határt nem befolyásolta jelentősen [129]. Saját méréseink a klasszikus, kerámia gömbhéjerősítésű Al ötvözet mátrixú szintaktikus fémhabok fárasztóvizsgálatára irányultak. Vizsgálati változóként a mátrixanyag minőségét és a gömbhéjak átlagos méretét alkalmaztuk [130-133].

6. Összegzés, értékelés

A fenti szakirodalmi ismertetésből és összefoglalásból levonható néhány megállapítás, amelyben a témában publikáló kutatócsoportok, illetve szerzők egyetértenek, illetve vannak olyan megállapítások is, amelyek ellentmondásosak.

A szintaktikus fémhabok gyártását tekintve egyetértés van abban, hogy szintaktikus fémhabok gyakorlatilag bármilyen mátrixanyagból és töltőanyagból gyárthatók a megfelelő technológiával, és a legjobb ismételhetőséget és minőséget általában a nyomásos infiltrálással lehet elérni. Ellentmondás látszik azonban a nyomásos infiltrálás paramétereinek hatására vonatkozóan, különös tekintettel az infiltrálási időtartam hatásának matematikai leírására a rövid infiltrálási idők tartományában. Ebben a kérdésben csaknem az az egyetlen közös álláspont, hogy a bonyolult rendszerek miatt az elméleti fizikokémiai modellezés helyett a mérés a legbiztosabb eljárás. Ezt a jelenséget igyekezett részleteiben is megvizsgálni a szerző [34, 35] cikkeiben.

A szintaktikus fémhabok sík lapok közötti kvázi-statisztikus zömítését tekintve a szakirodalomban konszenzus látszik a különböző paraméterek hatását tekintve, köszönhetően a terület szabványosításának is [5, 6]. A kutatócsoportok vizsgálták a gömbhéjak méretének hatását (a kisebb gömbhéjak nagyobb nyomószilárdságot biztosítanak), a mátrixanyag minőségének hatását, és a gömbhéjak térkitöltésének hatását is. A szilárdsági szempontból optimális szerkezetű szintaktikus fémhabokban a mátrixanyag folyási szilárdsága és a gömbhéjak törési szilárdsága megegyezik. Ugyancsak megegyezik abban a szakirodalom, hogy a szintaktikus fémhabok mechanikai

tulajdonságai (például a nyomó-, és platószilárdság, vagy a mechanikai energiaelnyelő képesség) sokkal kedvezőbbek a „hagyományos” fémhabok tulajdonságaihoz hasonlítva. Habár a radiális irányban gátolt alakváltozású nyomóvizsgálatok kevésbé elterjedtek a szakirodalomban, a kevés eredmény hasonló trendeket mutat, és hasonlatos hatásokat talál a sík lapok közötti zömítésnél tapasztaltakhoz. Jelentős eltérés leginkább a tönkremeneteli módban jelentkezett.

A növelt alakváltozási sebességű zömítés tekintetében a kutatócsoportok véleménye általában megegyezik abban, hogy a növelt alakváltozási sebességhez megnövekedett mechanikai energiaelnyelés társul, ugyanakkor rendkívül ellentmondásosak az eredmények az alakváltozási sebesség nyomószilárdságra gyakorolt hatását illetően. Ennek oka a kevésbé kiforrott vizsgálati technikában és az erősen eltérő vizsgálati körülményekben (alakváltozási sebesség tartomány, próbatestgeometria, a terhelőgép tulajdonságai stb.) keresendő.

A fémhabok fárasztóvizsgálatát tekintve nagyon korlátozott mennyiségű információ áll rendelkezésre a szakirodalomban. Ez részben a vizsgálatok időigényességének és műszaki követelményeinek (az átlagosnál kifinomultabb mérés technika) tudható be. A mérési eredményeket tekintve a szakirodalom egységes a fáradásos tönkremenetel lefutását illetően, miszerint a teljes folyamat három fő részre bontható, amelyek közül a legfontosabb szakasz a második, amely során az alakváltozási sebesség nagyon kicsi és az alakváltozás csaknem változatlan. Ez a szakasz testi ki a próbatest élettartamának legnagyobb részét.

7. Nyitott kérdések, kutatási területek

A fémhabok és így a szintaktikus fémhabok alapvető terhelési módja a nyomás, ezért a szakirodalomban közölt kutatások is főleg erre a területre, illetve ehhez kapcsolható kiegészítő területekre fókuszál. Ugyanakkor a szintaktikus fémhabok „hagyományos” fémhabokhoz viszonyított jóval nagyobb mechanikai és fajlagos mechanikai tulajdonságai egyedülálló lehetőséget teremtenek a szintaktikus fémhabok szerkezeti elemekként történő alkalmazására. A szerkezeti elemek ugyanakkor geometriai inhomogenitásokat tartalmaz(hat)nak, így nagy jelentősége van a szintaktikus fémhabok repedésérzékenység vizsgálatának, amelyen a szerző és kutatócsoportja jelenleg is dolgozik.

Ugyancsak kiemelt jelentőségű, de kevésbé kutatott

terület a gömbhéjak és a mátrixanyag közötti kapcsolat természete és tulajdonságai. Ez lényegében a gömbhéjak és a mátrixanyag közötti átmeneti réteg mikroszerkezeti és mechanikai vizsgálatát jelenti, amely nem egyszerű probléma. Ugyanakkor ennek a területnek kiemelt jelentősége van a szintaktikus fémhabok rugalmasságtani paramétereinek elméleti és kísérleti meghatározásában, a szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságainak leírásában és a szintaktikus fémhabok vége-selemes (vagy más numerikus) modellezésében.

Hivatkozásjegyzék

- [1] Ashby MF. Materials Selection in Mechanical Design. 3rd edition. Elsevier Butterworth-Heinemann (2005) p 29.
- [2] EnviroSpheres Ltd. <http://www.envirospheres.com/products.asp>.
- [3] Hollomet GmbH <http://www.hollomet.com/home.html>.
- [4] Deep Springs Technology http://teamdst.com/pdf/HollowShells_MTG119-A%20Web.pdf.
- [5] DIN 50134 Testing of metallic materials - Compression test of metallic cellular materials (2008).
- [6] ISO 13314 Mechanical testing of metals - Ductility testing - Compression test for porous and cellular materials (2011).
- [7] Gupta N, Rohatgi PK. Metal Matrix Syntactic Foams. DEStech Publications Inc. (2014)
- [8] AluInvent ZRt. <http://www.aluinvent.com/>.
- [9] Neville BP, Rabiei A. Composite metal foams processed through powder metallurgy. Materials & Design 29 (2008) 388-396.
- [10] Rabiei A, Vendra LJ. A comparison of composite metal foam's properties and other comparable metal foams. Materials Letters 63 (2009) 533-536.
- [11] Vendra L, Neville B, Rabiei A. Fatigue in aluminum-steel and steel-steel composite foams. Materials Science and Engineering A 517 (2009) 146-153.
- [12] Rabiei A, Garcia-Avila M. Effect of various parameters on properties of composite steel foams under variety of loading rates. Materials Science and Engineering A 564 (2013) 539-547.
- [13] Weise J, Salk N, Jehring U, Baumeister J, Lehmhus D, Bayoumi MA. Influence of Powder Size on Production Parameters and Properties of Syntactic Invar Foams Produced by Means of Metal Powder Injection Moulding. Advanced Engineering Materials 15 (2013) 118-122.
- [14] Peroni L, Scapin M, Fichera C, Lehmhus D, Weise J, Baumeister J, Avalu M. Investigation of the mechanical

- behaviour of AISI 316L stainless steel syntactic foams at different strain-rates. *Composites Part B* 66 (2014) 430-442.
- [15] Xue X, Wang L, Wang M, Lu W, Zhang D. Manufacturing, compressive behaviour and elastic modulus of Ti matrix syntactic foam fabricated by powder metallurgy. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 22 (2012) 188-192.
- [16] Xue X, Zhao Y. Ti matrix syntactic foam fabricated by powder metallurgy: particle breakage and elastic modulus. *JOM* 63 (2011) 43-47.
- [17] Mondal DP, Majumder JD, Jha N, Badkul A, Das S, Patel A, Gupta G. Titanium-cenosphere syntactic foam made through powder metallurgy route. *Materials & Design* 34 (2012) 82-89.
- [18] Daoud A. Synthesis and characterization of novel ZnAl22 syntactic foam composites via casting. *Materials Science and Engineering A* 488 (2008) 281-295.
- [19] Daoud A. Effect of strain rate on compressive properties of novel Zn12Al based composite foams containing hybrid pores. *Materials Science and Engineering A* 525 (2009) 7-17.
- [20] Daoud A, Abou El-Khair MT, Abdel-Aziz M, Rohatgi P. Fabrication, microstructure and compressive behavior of ZC63 Mg-microballoon foam composites. *Composites Science and Technology* 67 (2007) 1842-1853.
- [21] Jha N, Badkul A, Mondal DP, Das S, Singh M. Sliding wear behaviour of aluminum syntactic foam: A comparison with Al-10 wt% SiC composites. *Tribology International* 44 (2011) 220-231.
- [22] Mondal DP, Das S, Jha N. Dry sliding wear behaviour of aluminum syntactic foam. *Materials & Design* 30 (2009) 2563-2568.
- [23] Mondal DP, Das S, Ramakrishnan N, Uday Bhasker K. Cenosphere filled aluminum syntactic foam made through stir-casting technique. *Composites Part A* 40 (2009) 279-288.
- [24] Mondal DP, Jha N, Badkul A, Das S, Khedle R. High temperature compressive deformation behaviour of aluminum syntactic foam. *Materials Science and Engineering A* 534 (2012) 521-529.
- [25] Ramachandra M, Radhakrishna K. Effect of reinforcement of flyash on sliding wear, slurry erosive wear and corrosive behavior of aluminium matrix composite. *Wear* 262 (2007) 1450-1462.
- [26] Ramachandra M, Radhakrishna K. Synthesis-microstructure-mechanical properties-wear and corrosion behavior of an Al-Si (12%)-Flyash metal matrix composite. *Journal of Materials Science* 40 (2005) 5989-5997.
- [27] Trumble KP. Spontaneous infiltration of non-cylindrical porosity: Close-packed spheres. *Acta Materialia* 46 (1998) 2363-2367.
- [28] Rabiei A, O'Neill AT. A study on processing of a composite metal foam via casting. *Materials Science and Engineering A* 404 (2005) 159-164.
- [29] Vendra LJ, Rabiei A. A study on aluminum-steel composite metal foam processed by casting. *Materials Science and Engineering A* 465 (2007) 59-67.
- [30] Castro G, Nutt SR. Synthesis of syntactic steel foam using gravity-fed infiltration. *Materials Science and Engineering A* 553 (2012) 89-95.
- [31] Rohatgi PK, Guo RQ, Iksan H, Borchelt EJ, Asthana R. Pressure infiltration technique for synthesis of aluminum-fly ash particulate composite. *Materials Science and Engineering A* 244 (1998) 22-30.
- [32] Rohatgi PK, Gupta N, Alaraj S. Thermal expansion of aluminum-fly ash cenosphere composites synthesized by pressure infiltration technique. *Journal of Composite Materials* 40 (2006) 1163-1174.
- [33] Palmer RA, Gao K, Doan TM, Green L, Cavallaro G. Pressure infiltrated syntactic foams—Process development and mechanical properties. *Materials Science and Engineering A* 464 (2007) 85-92.
- [34] Orbulov IN. Syntactic foams produced by pressure infiltration—the effect of pressure and time on infiltration length. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering* 55 (2011) 21-27.
- [35] Orbulov IN. Metal matrix syntactic foams produced by pressure infiltration—The effect of infiltration parameters. *Materials Science and Engineering A* 583 (2013) 11-19.
- [36] Orbulov IN, Dobránszky J. Producing metal matrix syntactic foams by pressure infiltration. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering* 52 (2008) 35-42.
- [37] Orbulov IN, Ginsztler J, Kun P. Infiltration characteristics and compressive behaviour of metal matrix syntactic foams. *Materials Science Forum* 729 (2013) 68-73.
- [38] Orbulov IN, Németh Á, Dobránszky J. Composite production by pressure infiltration. *Materials Science Forum* 589 (2008) 137-142..
- [39] Zhang LP, Zhao YY. Mechanical response of Al matrix syntactic foams produced by pressure infiltration casting. *Journal of Composite Materials* 41 (2007) 2105-2117.
- [40] Castro G, Nutt SR. Synthesis of syntactic steel foam using mechanical pressure infiltration. *Materials Science and Engineering A* 535 (2012) 274-280.
- [41] Asthana R, Rohatgi PK, Tewari SN. Infiltration processing

- of metal - matrix composites. *Processing of Advanced Materials*. 2 (1992) 1-17.
- [42] Garcia-Cordovilla C, Louis E, Narciso J. Pressure infiltration of packed ceramic particulates by liquid metals. *Acta Materialia* 47 (1999) 4461-4479.
- [43] Washburn EW. The dynamics of capillary flow. *Physical Review* 17 (1921) 273-283.
- [44] Semlak KA, Rhines FN. The Rate of Infiltration of Metals. *Transactions of The Metallurgical Society of AIME* (1958) 325-331.
- [45] Kaptay G. Interfacial aspects to produce particulate reinforced metal matrix composites. In TMS 2001 fall meeting, Indianapolis, Indiana, USA (2001) 71-99.
- [46] Bárczy T, Kaptay G. Modeling the infiltration of liquid metals into porous ceramics. *Materials Science Forum* 473-474 (2005) 297-302.
- [47] Kaptay G. The threshold pressure of infiltration into fibrous preforms normal to the fibers' axes. *Composites Science and Technology* 68 (2008) 228-237.
- [48] Kevorkijan VM. The reactive infiltration of porous ceramic media by a molten aluminum alloy. *Composites Science and Technology* 59 (1999) 683-686.
- [49] Eustathopoulos N, Drevet B, Muolo ML. The oxygen-wetting transition in metal/oxide systems. *Materials Science and Engineering A* 300 (2001) 34-40.
- [50] Muscat D, Drew RAL. Modeling the infiltration kinetics of molten aluminum into porous titanium carbide. *Metallurgical and Materials Transactions A* 25 (1994) 2357-2370.
- [51] Balch DK, Dunand DC. Load partitioning in aluminum syntactic foams containing ceramic microspheres. *Acta Materialia* 54 (2006) 1501-1511.
- [52] Balch DK, O'Dwyer JG, Davis GR, Cady CM, Gray III GT, Dunand DC. Plasticity and damage in aluminum syntactic foams deformed under dynamic and quasi-static conditions. *Materials Science and Engineering A* 391 (2005) 408-417.
- [53] Dou ZY, Jiang LT, Wu GH, Zhang Q, Xiu ZY, Chen GQ. High strain rate compression of cenosphere-pure aluminum syntactic foams. *Scripta Materialia* 57 (2007) 945-948.
- [54] Goel MD, Peroni M, Solomos G, Mondal DP, Matsagar VA, Gupta AK, Larcher M, Marburg S. Dynamic compression behavior of cenosphere aluminum alloy syntactic foam. *Materials & Design* 42 (2012) 418-423.
- [55] Goel MD, Mondal DP, Yadav MS, Gupta SK. Effect of strain rate and relative density on compressive deformation behavior of aluminum cenosphere syntactic foam. *Materials Science and Engineering A* 590 (2014) 406-415.
- [56] Peroni L, Scapin M, Avalor M, Weise J, Lehmhus D. Dynamic mechanical behavior of syntactic iron foams with glass microspheres. *Materials Science and Engineering A* 552 (2012) 364-375.
- [57] Lehmhus D, Weise J, Baumeister J, Peroni L, Scapin M, Fichera C, Avalor M, Busse M. Quasi-static and Dynamic Mechanical Performance of Glass Microsphere- and Cenosphere-based 316L Syntactic Foams. *Procedia Materials Science* 4 (2014) 383-387.
- [58] Luong DD, Gupta N, Daoud A, Rohatgi PK. High strain rate compressive characterization of aluminum alloy/fly ash cenosphere composites. *JOM* 63 (2011) 53-56.
- [59] Luong DD, Gupta N, Rohatgi PK. The high strain rate compressive response of Mg-Al alloy/fly Ash cenosphere composites. *JOM* 63 (2011) 48-52.
- [60] Anantharaman H, Shunmugasamy VC, Strbik III OM, Gupta N, Cho K. Dynamic properties of silicon carbide hollow particle filled magnesium alloy (AZ91D) matrix syntactic foams. *International Journal of Impact Engineering* 82 (2015) 14-24.
- [61] Ferguson JB, Santa Maria JA, Schultz BF, Rohatgi PK. Al-Al2O3 syntactic foams—Part II: Predicting mechanical properties of metal matrix syntactic foams reinforced with ceramic spheres. *Materials Science and Engineering A* 582 (2013) 423-432.
- [62] Santa Maria JA, Schultz BF, Ferguson JB, Gupta N, Rohatgi PK. Effect of hollow sphere size and size distribution on the quasi-static and high strain rate compressive properties of Al-A380-Al2O3 syntactic foams. *Journal of Materials Science* 49 (2014) 1267-1278.
- [63] Santa Maria JA, Schultz BF, Ferguson JB, Rohatgi PK. Al-Al2O3 syntactic foams – Part I: Effect of matrix strength and hollow sphere size on the quasi-static properties of Al-A206/Al2O3 syntactic foams. *Materials Science and Engineering A* 582 (2013) 415-422.
- [64] Tao XF, Zhao YY. Compressive behavior of Al matrix syntactic foams toughened with Al particles. *Scripta Materialia* 61 (2009) 461-464.
- [65] Tao XF, Zhao YY. Compressive failure of Al alloy matrix syntactic foams manufactured by melt infiltration. *Materials Science and Engineering A* 549 (2012) 228-232.
- [66] Wu GH, Dou ZY, Sun DL, Jiang LT, Ding BS, He BF. Compression behaviors of cenosphere-pure aluminum syntactic foams. *Scripta Materialia* 56 (2007) 221-224.
- [67] Zou LC, Zhang Q, Pang BJ, Wu GH, Jiang LT, Su H. Dynamic compressive behavior of aluminum matrix syntactic foam and its multilayer structure. *Materials & Design* 45 (2013)

- 555-560.
- [68] Fiedler T, Taherishargh M, Krstulović-Opara L, Vesjenjak M. Dynamic compressive loading of expanded perlite/aluminum syntactic foam. *Materials Science and Engineering A* 626 (2015) 296-304.
- [69] Taherishargh M, Belova IV, Murch GE, Fiedler T. Low-density expanded perlite–aluminium syntactic foam. *Materials Science and Engineering A* 604 (2014) 127-134.
- [70] Taherishargh M, Belova IV, Murch GE, Fiedler T. On the mechanical properties of heat-treated expanded perlite–aluminium syntactic foam. *Materials & Design* 63 (2014) 375-383.
- [71] Taherishargh M, Sulong MA, Belova IV, Murch GE, Fiedler T. On the particle size effect in expanded perlite aluminium syntactic foam. *Materials & Design* 66 (2015) 294-303.
- [72] Orbulov IN. Compressive properties of aluminium matrix syntactic foams. *Materials Science and Engineering A* 555 (2012) 52-56.
- [73] Orbulov IN. Effect of matrix alloying and hollow sphere size on the compressive properties of metal matrix syntactic foams. In *International Conference on Cellular Materials*, Dresden, Germany (2012) 1-5.
- [74] Orbulov IN, Ginsztler J. Compressive behaviour of metal matrix syntactic foams. *Acta Polytechnica Hungarica* 9 (2012) 43-56.
- [75] Szlancsik A, Katona B, Bobor K, Májlínger K, Orbulov IN. Compressive behaviour of aluminium matrix syntactic foams reinforced by iron hollow spheres. *Materials & Design* 83 (2015) 230-237.
- [76] Szlancsik A, Katona B, Májlínger K, Orbulov IN. Compressive Behavior and Microstructural Characteristics of Iron Hollow Sphere Filled Aluminum Matrix Syntactic Foams. *Materials* 8 (2015) 7926-7937.
- [77] Orbulov IN, Ginsztler J. Compressive characteristics of metal matrix syntactic foams. *Composites Part A* 43 (2012) 553-561.
- [78] Kun P, Orbulov IN. AlCu5 és AlMgSi1 mátrixú szintaktikus fémhabok előállítása és vizsgálata. *Bányászati és Kohászati Lapok – Kohászat* 144 (2011) 51-55.
- [79] Myers K, Katona B, Cortes P, Orbulov IN. Quasi-static and high strain rate response of aluminum matrix syntactic foams under compression. *Composites Part A* 79 (2015) 82-91.
- [80] Bálint K, Orbulov IN. Kerámiagömbhéjakkal töltött szintaktikus fémhabok kvázisztatikus és nagy alakváltozási sebességű nyomóvizsgálata. *Bányászati és Kohászati Lapok – Kohászat* 149 (2016) 30-35.
- [81] Huang Z, Yu S, Li M. Microstructures and compressive properties of AZ91D/fly-ash cenospheres composites. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 20 (2010) 458-462.
- [82] Huang Z, Yu S, Liu J, Zhu X. Microstructure and mechanical properties of in situ Mg2Si/AZ91D composites through incorporating fly ash cenospheres. *Materials & Design* 32 (2011) 4714-4719.
- [83] Rohatgi PK, Daoud A, Schultz BF, Puri T. Microstructure and mechanical behavior of die casting AZ91D-Fly ash cenosphere composites. *Composites Part A* 40 (2009) 883-896.
- [84] Rohatgi PK, Gupta N, Schultz BF, Luong DD. The synthesis, compressive properties, and applications of metal matrix syntactic foams. *JOM* 63 (2011) 36-42.
- [85] Peroni L, Scapin M, Avalor M, Weise J, Lehmhus D. Dynamic mechanical behavior of syntactic iron foams with glass microspheres. *Materials Science and Engineering A* 552 (2012) 364-375.
- [86] Peroni L, Scapin M, Avalor M, Weise J, Lehmhus D, Baumeister J, Busse M. Syntactic Iron Foams - On Deformation Mechanisms and Strain-Rate Dependence of Compressive Properties. *Advanced Engineering Materials* 14 (2012) 909-918.
- [87] Castro G, Nutt SR, Wenchen X. Compression and low-velocity impact behavior of aluminum syntactic foam. *Materials Science and Engineering A* 578 (2013) 222-229.
- [88] Zhang L, Ma J. Processing and characterization of syntactic carbon foams containing hollow carbon microspheres. *Carbon* 47 (2009) 1451-1456.
- [89] Tao XF, Zhang LP, Zhao YY. Al matrix syntactic foam fabricated with bimodal ceramic microspheres. *Materials & Design* 30 (2009) 2732-2736.
- [90] Xia X, Chen X, Zhang Z, Chen X, Zhao W, Liao B, Hur B. Compressive properties of closed-cell aluminum foams with different contents of ceramic microspheres. *Materials & Design* 56 (2014) 353-358.
- [91] Bozóki B, Májlínger K. Alumínium mátrixú hibrid kompozitok kopási tulajdonságainak vizsgálata. In *XXII. Nemzetközi Gépész Találkozó, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Nagyszeben, Románia* (2014) 62-65.
- [92] Májlínger K. Hibrid szintaktikus fémhabok kopási tulajdonságai. *Bányászati és Kohászati Lapok – Kohászat* 148 (2015) 33-37.
- [93] Májlínger K, Bozóki B, Kalácska G, Keresztes R, Zsidai L. Tribological properties of hybrid aluminum matrix syntactic foams. *Tribology International* 99 (2016) 211-223.
- [94] Májlínger K. Wear properties of hybrid AlSi12 matrix

- syntactic foams. *International Journal of Materials Research* 106 (2015) 1165-1173.
- [95] Májlinger K, Kalácska G, Orbulov IN, Zsidai L, Bozók B, Keresztes R. Global Approach of Tribomechanical Development of Hybrid Aluminium Matrix Syntactic Foams. *Tribology Letters* 65 (2016) 1-13.
- [96] Májlinger K, Orbulov IN. Characteristic compressive properties of hybrid metal matrix syntactic foams. *Materials Science and Engineering A* 606 (2014) 248-256.
- [97] Májlinger K, Orbulov IN. Hibrid szintaktikus fémhabok szilárdsági jellemzői. *Bányászati és Kohászati Lapok – Kohászat* 147 (2014) 29-34.
- [98] Luong DD, Strbik III OM, Hammond VH, Gupta N, Cho K. Development of high performance lightweight aluminum alloy/SiC hollow sphere syntactic foams and compressive characterization at quasi-static and high strain rates. *Journal of Alloys and Compounds* 550 (2013) 412-422.
- [99] Cox J, Luong DD, Shunmugasamy VC, Gupta N, Strbik III OM, Cho K. Dynamic and Thermal Properties of Aluminum Alloy A356/Silicon Carbide Hollow Particle Syntactic Foams. *Metals* 4 (2014) 530-548.
- [100] Goel MD, Matsagar VA, Gupta AK, Marburg S. Strain rate sensitivity of closed cell aluminium fly ash foam. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 23 (2013) 1080-1089.
- [101] Mondal DP, Goel MD, Das S. Effect of strain rate and relative density on compressive deformation behaviour of closed cell aluminum–fly ash composite foam. *Materials & Design* 30 (2009) 1268-1274.
- [102] Mondal DP, Goel MD, Das S. Compressive deformation and energy absorption characteristics of closed cell aluminum–fly ash particle composite foam. *Materials Science and Engineering A* 507 (2009) 102-109.
- [103] Alvandi-Tabrizi Y, Whisler DA, Kim H, Rabiei A. High strain rate behavior of composite metal foams. *Materials Science and Engineering A* 631 (2015) 248-257.
- [104] Alvandi-Tabrizi Y, Rabiei A. Use of Composite Metal Foam for Improving Absorption of Collision Forces. *Procedia Materials Science* 4 (2014) 377-382.
- [105] Kiser M, He MY, Zok FW. The mechanical response of ceramic microballoon reinforced aluminum matrix composites under compressive loading. *Acta Materialia* 47 (1999) 2685-2694.
- [106] Orbulov IN, Májlinger K. Compressive Properties of Metal Matrix Syntactic Foams in Free and Constrained Compression. *JOM* 66 (2014) 882-891.
- [107] Ashby MF, Evans T, Fleck NA, Hutchinson JW, Wadley HNG, Gibson LJ. *Metal Foams: A Design Guide*. Butterworth-Heinemann (2000).
- [108] Degischer HP, Kriszt B. *Handbook of cellular metals: production, processing, applications*. Wiley-VCH (2002).
- [109] Soubielle S, Salvo L, Diologent F, Mortensen A. Fatigue and cyclic creep of replicated microcellular aluminium. *Materials Science and Engineering A* 528 (2011) 2657-2663.
- [110] Amsterdam E, De Hosson JTM, Onck PR. Failure mechanisms of closed-cell aluminum foam under monotonic and cyclic loading. *Acta Materialia* 54 (2006) 4465-4472.
- [111] Harte AM, Fleck NA, Ashby MF. Fatigue failure of an open cell and a closed cell aluminium alloy foam. *Acta Materialia* 47 (1999) 2511-2524.
- [112] McCullough KYG, Fleck NA, Ashby MF. The stress–life fatigue behaviour of aluminium alloy foams. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures* 23 (2000) 199-208.
- [113] Banhart J, Brinkers W. Fatigue Behavior of Aluminum Foams. *Journal of Materials Science Letters* 18 (1999) 617-619.
- [114] Sugimura Y, Rabiei A, Evans AG, Harte AM, Fleck NA. Compression fatigue of a cellular Al alloy. *Materials Science and Engineering A* 269 (1999) 38-48.
- [115] Zhou J, Gao M, Cuitino AM, Soboyejo WO. Fatigue of As-Fabricated Open Cell Aluminum Foams. *Journal of Engineering Materials and Technology* 127 (2005) 40-45.
- [116] Zhou J, Soboyejo WO. Compression–compression fatigue of open cell aluminum foams: macro-/micro- mechanisms and the effects of heat treatment. *Materials Science and Engineering A* 369 (2004) 23-35.
- [117] Lehmhus D, Marschner C, Banhart J, Bomas H. Influence of heat treatment on compression fatigue of aluminium foams. *Journal of Materials Science* 37 (2002) 3447-3451.
- [118] Lin J, Zhang Y, Ma M. Preparation of porous Ti35Nb alloy and its mechanical properties under monotonic and cyclic loading. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 20 (2010) 390-394.
- [119] Hakamada M, Kuromura T, Chino Y, Yamada Y, Chen Y, Kusuda H, Mabuchi M. Monotonic and cyclic compressive properties of porous aluminum fabricated by spacer method. *Materials Science and Engineering A* 459 (2007) 286-293.
- [120] Zettl B, Mayer H, Stanzl-Tschegg SE. Fatigue properties of Al–1Mg–0.6Si foam at low and ultrasonic frequencies. *International Journal of Fatigue* 23 (2001) 565-573.
- [121] Zettl B, Mayer H, Stanzl-Tschegg SE, Degischer HP. Fatigue properties of aluminium foams at high numbers of cycles. *Materials Science and Engineering A* 292 (2000) 1-7.
- [122] Rabiei A, Hutchinson JW, Evans AG. Heat generation during the fatigue of a cellular Al alloy. *Metallurgical and Materials Transactions A* 31 (2000) 1129-1136.
- [123] Kim A, Kim I. Effect of specimen aspect ratio on fatigue life of closed cell Al-Si-Ca alloy foam. *Acta Mechanica Solida Sinica* 21 (2008) 354-358.
- [124] Kolluri M, Mukherjee M, Garcia-Moreno F, Banhart J, Ramamurty U. Fatigue of a laterally constrained closed cell aluminum foam. *Acta Materialia* 56 (2008) 1114-1125.

- [125] Olurin OB, McCollough KYG, Fleck NA, Ashby MF. Fatigue crack propagation in aluminium alloy foams. *International Journal of Fatigue* 23 (2001) 375-382.
- [126] Motz C, Friedl O, Pippan R. Fatigue crack propagation in cellular metals. *International Journal of Fatigue* 27 (2005) 1571-1581.
- [127] Harte AM, Fleck NA, Ashby MF. The fatigue strength of sandwich beams with an aluminium alloy foam core. *International Journal of Fatigue* 23 (2001) 499-507.
- [128] Schultz O, des Ligneris A, Haider O, Starke P. Fatigue Behavior, Strength, and Failure of Aluminum Foam. *Advanced Engineering Materials* 2 (2000) 215-218.
- [129] Caty O, Maire E, Douillard T, bertino P, Dejaeger R, Bouchet R. Experimental determination of the macroscopic fatigue properties of metal hollow sphere structures. *Materials Letters* 63 (2009) 1131-1134.
- [130] Taherishargh M, Katona B, Fiedler T, Orbulov IN. Fatigue properties of expanded perlite/aluminum syntactic foams. *Journal of Composite Materials* (2016), elérhető online, megjelenés alatt.
- [131] Orbulov IN, Katona B, Szebényi G. Fatigue properties of metal matrix syntactic foams. In *International Conference on Cellular Materials, Dresden, Germany* (2014) 1-6.
- [132] Katona B, Szebényi G, Orbulov IN. Fémmátrixú szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságai. *Bányászati és Kohászati Lapok – Kohászat* 148 (2015) 30-33.
- [133] Katona B, Szebényi G, Orbulov IN. Fatigue properties of ceramic hollow sphere filled aluminium matrix syntactic foams. *Materials Science and Engineering A* 679 (2017) 350-357.

TM4000Plus

Tabletop Microscope

HITACHI

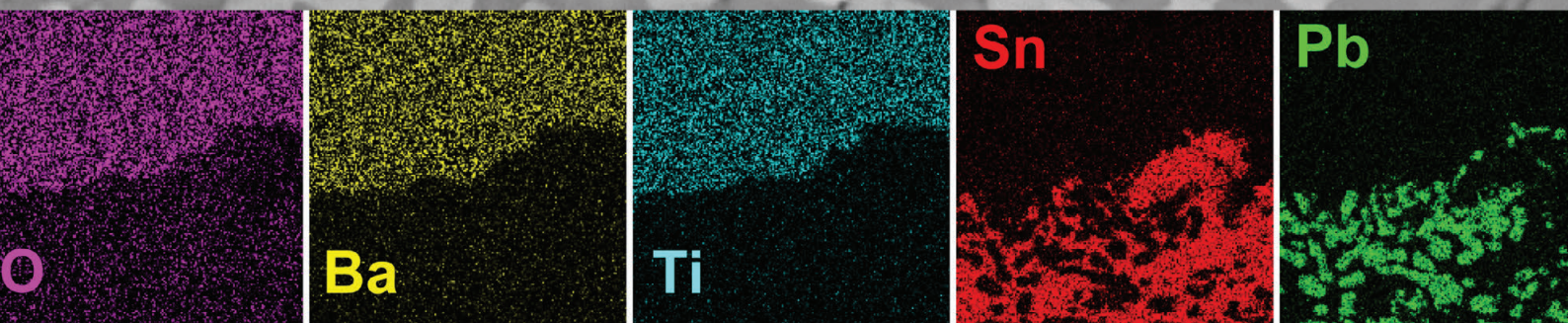
Inspire the Next



„Ez a világ legnépszerűbb asztali elektronmikroszkópja, sokan csak az anyagtudósok svájci bicskájának tartják!”

(Koichi Satusho)

Élményszerű használat, csúcsminőségű detektorok kompakt kivitelben, elérhető áron!



UNICAM
Magyarország Kft.

1144 Budapest, Kőszeg u. 27.

E-mail: unicam@unicam.hu

Web: www.unicam.hu

Tel.: 06-30-255-9644

Akusztikus emissziós méréssel feltárt LPG és PB-gáz tartály meghibásodások

Magyar Tartály Diagnosztikai Laboratórium Kft.

H - 2030 Érd - Rákóczi Ferenc u. 83-85. • Tel: +36 23 369 163 • Mobil: +36 30 455 3505 • E-mail: info@mtdl.hu •
www.mtdl.hu

Esettanulmányom az LPG és PB gáztartályok időszakos vizsgálatainál alkalmazott komplex akusztikus emissziós (AE) mérések eredményeként tapasztalt visszatérő meghibásodások. Az alkalmazott komplex vizsgálati eljárás magába foglalja a gáznyomás terheléssel végzett AE integritás vizsgálatot, amellyel kiváltható úgy a 2/2016 (I.5.) NGM rendelet alá tartozó üzemanyag tároló LPG tartályok, mint a 23/2006 (II.3.) Korm. rendelet alá tartozó energetikai PB-gáz tartályok külső-belső szerkezeti vizsgálata és szilárdsági nyomáspróbája.

A konvencionális vizsgálat a szemrevételezés mellett a hagyományos hidraulikus nyomáspróbával tárja fel a felületi és tömörségi eltéréseket, ahol gyakorlatilag a végeredményt tapasztaljuk, és ennek megfelelően vonjuk le a következtetéseket. Ha

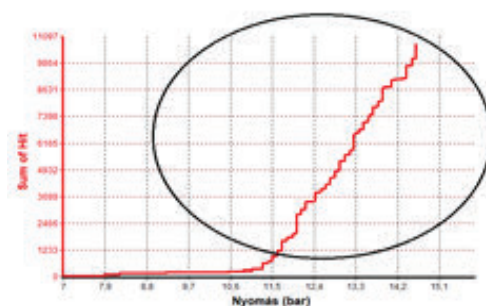
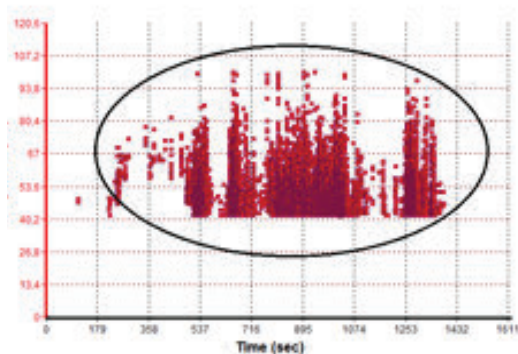
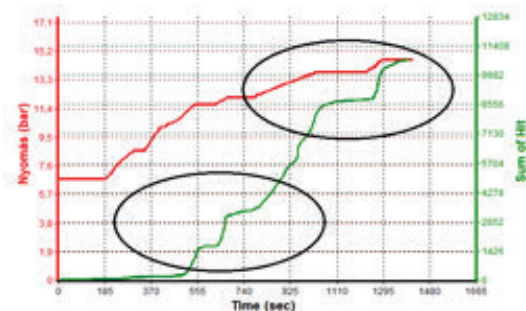
komplex AE vizsgálattal történik az újraminősítésük.

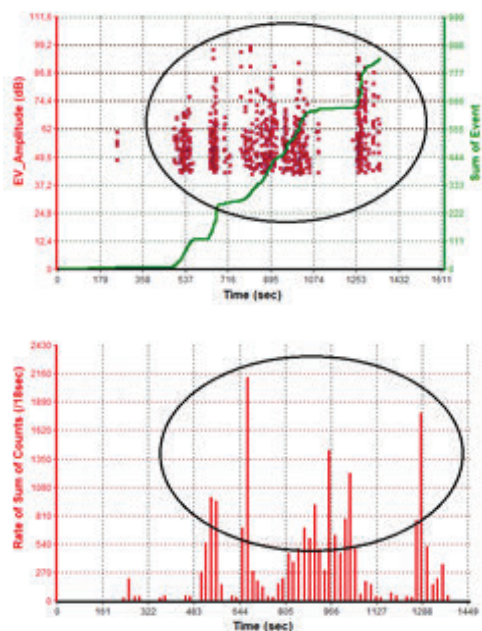
Gáznyomás terhelés alatt az AE vizsgálat eltérései a hibamentes eredményektől:

- * folyamatos AE aktivitás 70 dB felett,
- * összegzett jellemzők exponenciális emelkedése,
- * a beütések száma elérte a 11×10^3 Hit értéket
- * lokalizált események max. AE aktivitása elérte a 90 dB értéket,
- * rezgésszám növekedés értéke 2100 RateofSumofCounts/18sec.
- * nyomásterhelés engedélyezési nyomás értéke 14,5 bar / 1410 sec.



valóban a végeredményt nézzük, egy tartály állapota kielégítő lehet, ha a nyomásterhelésnek ellenáll, terhelés alatt nincs szivárgás, szemrevételezéssel nincs eltérés és a bemutatott esetben is ezek az LPG és PB tartályok hasonlóan így jártak volna, ha nem a



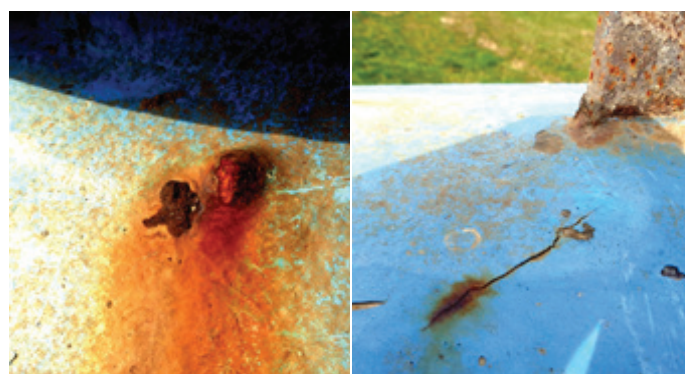
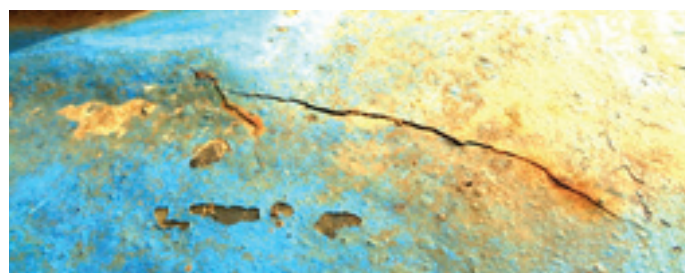


Ha csak a végeredményt nézzük, a tartály a nyomásterhelésnek ellenállt, terhelés alatt és terhelés után szivárgás nem volt, így akár tovább is üzemelhetett volna. Az AE mérés eredményeként az üzemelés le lett állítva, tartálycsere történt és bekerült az utóvizsgálati programba.

Az utóvizsgálat eredménye a próbanyomásig történő terhelés alatt igazolta az előző AE mérés eredményét, annyi különbséggel, hogy láthatóvá váltak az eltérések.



A vizsgálati eredmények következtetése szerint a 70 dB feletti intenzív és folyamatos AE aktivitást az elöregedett műgyanta szigetelés repedései okozták és másodlagos hatásként a tartályfelület és szigetelő réteg között előállott aktív korrózió okozta.



Tartály gyári számát és gyártóját meg nem nevezve, magyar gyártmányú tartály, 5m³ LPG, gyártási év 1998, Üzem: Bp. Soroksári út.

Vizsgálataink során, ilyen és hasonló meghibásodásokat energetikai PB tartályoknál is tapasztaltunk, melyek utóvizsgálattal igazolva lettek.



A gyakorlatunkban alkalmazott komplex AE vizsgálatról elmondható, hogy nem csak egy nyomáspróba és nem egy végeredmény rögzítése, hanem

egy terhelési folyamat nyomon követése. 2 oszt. hibaforrás esetén konvencionális vizsgálat történik a helyszínen, 3 oszt. hibaforrásnál konvencionális vizsgálat történik a telephelyen vagy gyártóműben.

A komplex AE integritás vizsgálat nem nélkülözi a konvencionális vizsgálatokat, de felelősség és teherátvállalást biztosít azzal, hogy az engedélyezéseket minél realisabb eredmények alapján lehessen meghozni, figyelembe véve a vizsgálati folyamat többlet információ szolgáltatását a nyomástartó berendezések állapotáról.

PÁL CSABA
okl. gépészmérnök, AT-2, MTDL Kft.



www.mtdl.hu

**Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
Mérnöki Divízió**

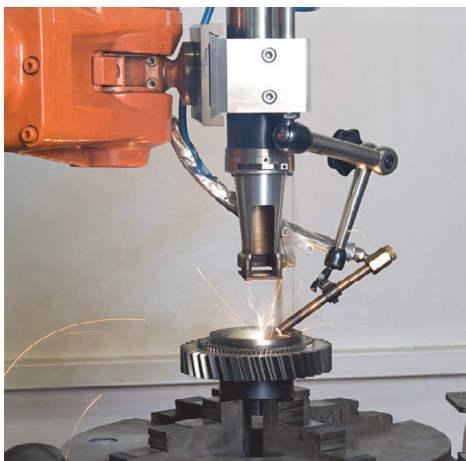


www.bayzoltan.hu

Mérnöki kutatás-fejlesztési, szakértői és anyagvizsgálati szolgáltatások

A BZN Kft. Mérnöki Divíziója elsősorban a mérnöki tudományokhoz kapcsolódóan végez kutatás-fejlesztési tevékenységeket és mérnöki szolgáltatásokat a következő területeken:

- Szerkezeti és funkcionális **anyagok és anyagtechnológiák** fejlesztése
- **Ipari lézertechnológiai** fejlesztések és szolgáltatások
- **Roncsolásos és roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek** fejlesztése
- Mechanikai, anyagszerkezeti és analitikai **vizsgálatok**
- Mérnöki szerkezetek, gyártástechnológiák **modellezése és tervezése**
- Szerkezeti anyagok károsodásának **numerikus modellezése** és vizsgálata, **káresetelemzés**
- Üzemelési biztonsági elemzések, **kockázatmenedzsment, élettartam értékelés**
- **Virtuális és kiterjesztett valóság** alkalmazások fejlesztése, tréning és oktató anyagok kidolgozása



MAROVISZ Díjasunk, 2019: Szalay Ferenc

Kedves Feri,

Megtiszteltetés számomra, hogy mint régi barátod, mint volt kollégád mondhatok el néhány közös emléket és néhány történetet, melyeket közösen élünk meg!

Nem lehet nem emlékezni a '70-es évekbeli ultrahangos szakmai napokra, mely a Krautkrämer GmbH. és a Magyar Hajó- és Darugyár közös szervezésében jött létre! Te már akkor a tudásodat és a tapasztalatodat adtad tovább a gyártók bevonásával. A szakmabeliek nagyszámban jelentek meg ezeken az eseményeken neked köszönhetően!

Nagyra értékelték a Krautkrämer cégtől megjelent kollégák Peter Speier, Serban Berger és Dr. Freilinghaus urak is a szakmai elhivatottságodat! Nem maradhatott el az akkoriban a kereskedelmet kizárólagosan bonyolító „külker”, a METRIMPEX meghívása sem! Ezt a kapcsolatot is kiválóan kezelted. Szép emlékeket hagytak a rendezvények mellé szervezett focimeccsek és persze a fehérabroszos, éttermi és pincei látogatások is! A jó anyagvizsgáló helytáll minden fronton!

Fontos megemlítenem a MAROVISZ születésénél való közreműködésedet is!

Emlékszel, amikor 1996-ban Hegedűs Sándorral, Peter Speier és Ralph Giese (Rich.SEIFERT GmbH.) urakkal Berlinbe látogattunk? A DGZfP berlini központjában Dr. Rainer Link igazgató és Dr. Schnittger



professzor a DGZfP akkori elnöke fogadott bennünket, hogy útmutatást adjon. Egy pénzügyileg és szakmailag független, önálló, a roncsolásmentes vizsgálókat képviselő, összefogó Szakmai Szervezet megalapításához kaptunk szakmai támogatást és instrukciókat egy Szövetség alapításához. Te már akkor is a szakmánk hirdetője, szószólója voltál!

Végül engedtesen meg, hogy egy kis kronologikus felsorolás adjak egy szakmailag gazdag életútból, a teljesség igénye nélkül.

- * Érettségi 1965-ben Eötvös Lóránd Acélszerkezeti Technikum (hazánk akkori egyetlen „acélszerkezeti” szakos technikuma, ma Eötvös Lóránd Szakközépiskola és Szakiskola, Budapest)
- * Katonáság
- * Anyagvizsgáló
 - 1968-ban Csepel Anyagvizsgáló Intézet. Réti Pali bácsinál felvételizett, ultrahangosként kezdte meg anyagvizsgáló pályafutását
 - 1970-ben Hajógyárba került, szintén ultrahangosként
- * Közben:
 - 1973-76-ig NDK - Bitterfeld



- » 4 db kazán szerelésénél végzett varratvizsgálatokat. Jellemzően UT, de részt vett egyéb vizsgálatokban is (RT, MT, PT, VT, spektroszkópia).
- » Érdekesség: ebben a vegyi üzemben állították elő a Ciklon-B idegmérget, amit a németek használtak a II. világháborúban (Auschwitz).
- 1976-tól újra itthon - Hajógyár
 - » Főleg hajók, úszódaruk, úszótestek, gémekek, acél-szerkezetek hegesztési varratainak vizsgálata.
- * 1978-ban szerezte meg az UT3-as tanúsítványát (még a Gödön tartott tanfolyamok keretében), majd az évek során RT, MT, PT, VT, SP tanúsítványokat is szerez (2-es fokozat). Magyarországon ez volt a legelső UT3 Tanúsítvány.
- * 1978-tól Laborvezetőnek nevezik ki a Hajógyárba
 - » Itt dolgozik a cég felszámolásáig, majd az Erőkarba kerül (1996-1997) roncsolásmentes vizsgálati területre. (Megjegyzés: azt hiszem ekkor már Hegedűs Sanyi volt az Erőkarban a RM labor osztályvezetője). Itt gyakorlatilag az Erőkar jellemző területein dolgozott (pl.: kazánok, nyomástartó edények, főgőz rendszerek, stb. vizs-

gálata). Rendszeresen részt vett technológiák kidolgozásában (ultrahangos területen).

- » Az Erőkarban 1998-ig dolgozik.
- * 1995 Megalakítja a R.U.M. Testing Bt.-t.
 - » Alapítók: Szalay Ferenc, Hegedűs Sándor, Tóth Attila, Scheer István. Először másodállásban, majd 1998-tól főállásban dolgozik a cégnél.
- * 2000-től Ke-Tech Kft.-nél, mint ultrahangos szakértő, oktató és üzletkötő tevékenykedett.
- * 2005-ben R.U.M. Testing Kft. műszaki vezető, itt marad 2008-ig (nyugdíjazásáig). Változatos területeken végez vizsgálati tevékenységet. (erőművek, nyomástartó edények, tartályok, öntvények, csővezetékek, hajók, stb.). Ezeken a területeken rendszeresen dolgozik ki vizsgálati technológiákat is (főleg ultrahangos területen).
- * 1980-tól napjainkig az ORSZAK-nál rendszeresen oktat ultrahangos tanfolyamokon.

Kívánok neked erőt, egészséget és tiszta szívből GRATULÁLOK a MAROVISZ Díjhoz!

Köszönöm szépen, hogy meghallgattak!

Kecskés Péter,
a MAROVISZ alelnökének laudációja



tripladuplav.hu

VELÜNK HÁROMSZOR JOBBAN JÁR

- ☒ Domain név regisztráció
- ☒ Tárhely szolgáltatás
- ☒ Internetes alkalmazás fejlesztés
- ☒ Honlap készítés
- ☒ On-line marketing
- ☒ IT biztonság
- ☒ Kreatív design

www.tripladuplav.hu webstúdió

Paradigmaváltás a műszaki tudományos értékelésben: egy műszaki oktatói / kutatói életpálya-modell különböző lehetséges kimenetekkel (avagy Ön docensként, professzorként, vagy akadémikusként akar nyugdíjba menni?)

Sasvári Péter¹, Kaptay György²

Összefoglalás

Szerzők egy paradigmaváltásról számolnak be a műszaki kutatók/oktatók tudományos értékelésében, ami hazánkban kb. 20 éve kezdődött, de vidéken még ma sem vesszük eléggé komolyan. Felvázolnak egy jellemző/ideális kutatói – oktatói életpályát, melyet az évente publikált folyóiratcikkek jellemeznek. Analizálják, hogy a Scopus adatbankban megjelent miskolci (főleg műszaki) cikkekre hány független hivatkozás várható statisztikailag a publikálástól eltelt idő függvényében és attól függően, hogy a cikkek Q1 (legjobb 25 %), Q2, Q3, vagy Q4 (utóbbi a leggyengébb 25 %) minősítésű folyóiratokban jelennek meg a Scopus/Scimago nemzetközi adatbázisok szerint. E két információ ismeretében kiszámítják, hogy várhatóan hogyan nő egy átlagos (idealizált) műszakis oktató – kutató független hivatkozásokból számított h-indexe életpályája során. Megállapítják, hogy aki jellemzően Q3-as (vagy annál gyengébb) helyeken publikál, abból csak 60 éves kora felett (vagy akkor se) lesz MTA doktora az MTA Műszaki Osztályán, és ennek hiányában valószínűleg docensként fog nyugdíjba menni, ha a felsőoktatásban dolgozik. Ahhoz, hogy valaki 45 éves korára MTA doktorrá váljon (és ezért jó eséllyel professzorrá nevezzék ki egy egyetemen), minimum Q2-es folyóiratokban kell publikálnia. Ahhoz azonban, hogy legyen esélye az MTA Műszaki Osztálya gépész-kohász szakcsoportjába levelező akadémikusként bekerülni, Q1, sőt D1 (legjobb 10%) minősítésű folyóiratokban kell publikálnia. Ezen túl mindannyiunk kötelessége magyar nyelvű

szakmai folyóiratokban is rendszeresen publikálni.

Bevezetés

A kívülállók (sőt, gyakran a belülállók) is gyakran csodálkoznak azon, hogy a PhD címmel (vagy kandidátusi fokozattal) rendelkező műszaki szakmában tevékenykedő oktatók/kutatók közül kiből, miért és hogyan lesz nyugdíjas korára docens, professzor, vagy akadémikus. E „titok” mögött a valóságban jelentős tudományos és publikációs teljesítmények állnak, vagy nem állnak. Erről a titokról lebbentjük fel a fátylat, mérnökhöz illő módon a számok nyelvén. A cikket csak részben szánjuk életük kalandjain merengő nyugdíjas kollégáinknak, azt főleg pályájuk elején álló fiatal kollégáinknak ajánljuk, belőlük ugyanis még bármi lehet. Megjegyezzük azt is, hogy a cikkben leírtak főleg az utóbbi 20 évben váltak egyre fontosabbá a magyar műszaki kutatók értékelésében. XX. századi tudós-elődöket még más elvek alapján értékelték (ettől függetlenül rájuk is felnézünk).

1. Egy idealizált kutatói életpálya

Egy kutató élete a kutatásról és az eredmények közreadásáról, azaz a publikálásról szól. Az 1. táblázatban és az 1. ábrán egy idealizált kutatói életpályát vázolunk, ahol a különböző életévekben jellemző/üdvöztető, évente publikált/publikálandó cikkek számát adjuk meg, melyek főösszege 182 cikkre adódik. Vannak, akik ennél sokkal többet írnak, de ez többnyire felesleges. Sokan írnak ennél kevesebbet,

¹ Sasvári Péter 1970-ben született Esztergomban. Édesanyja könyvelő, édesapja bányamester volt a Dorogi Szénbányánál. Balassi Bálint Általános Iskolát és Szent István Gimnázium és Híradástechnikai Szakközépiskolát Esztergomban végezte el. Gépészmérnöki és közgazdász diplomát a Miskolci Egyetemen szerezte meg 1993-ban illetve 2000-ben. Gazdálkodás- és szervezéstudományok területén, „sum cum laude” minősítéssel doktori fokozatot szerzett ugyancsak a Miskolci Egyetemen 2009-ben. Jelenleg a Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar egyetemi docense és az egyetem tudományterületi referense, valamint a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Elektronikus Közszolgálat Intézet intézetvezető egyetemi docense.

² Kaptay György 1960-ban született, édesapja azonos néven Miskolcon végzett kohómérnök 2008-ban hunyt el. Az Almásfüzitői Általános Iskola és a Jókai Mór Gimnázium után a Leningrádi Műszaki Egyetemet végezte el 1984-ben színesfémkohászat szakon és ugyanott lett kandidátus 1988-ban. A Szovjetunióból a Miskolci Egyetemre került, ott 1999 óta professzor, volt a Fizikai Kémia Tsz vezetője (1996 – 2004), a Kohómérnöki Kar, majd a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja (1998-2006), jelenleg (2007 óta) a Nanotechnológiai Tsz vezetője és 2017 óta a Tudományos Tanács elnöke (jelen cikk előzményét ebben a minőségében írta fiatal miskolci kollégák okulására). Részfoglalkozásuként 2006-ban megalapította a BAY-NANO Kutatóintézetet, a BAY-ENG Anyagfejlesztési Osztályának ma is részfoglalkozású vezető kutatója. 2006-ban választották az MTA Műszaki Osztályán levelező akadémikussá, azon belül a gépész-kohász szakcsoportot erősíti.

ami nem feltétlenül kevés. Egy átlagos főállású kutató/oktató 150 – 300 cikket ír életében (ha megéli a 60 éves életkort).

Az élet persze bonyolultabb ennél, hiszen ezen túl meg kell tanulni minimum angolul, egzisztenciát kell teremteni, azt hosszú időn át fenn kell tartani, gyereke(ke)t kell szülni és felnevelni, betegségeket kell leküzdeni és baleseteket túlélni, szülőkre – unokákra - dédunokákra kell mosolyogva vigyázni, stb... A cikkek megírásán túl ráadásul konferenciákra kell járni, ipari projekteket kell teljesíteni, egyéb ezerfajta kötelezettségnek eleget tenni, tankönyveket és monográfiákat kell írni, stb... Mindezek ellenére egy

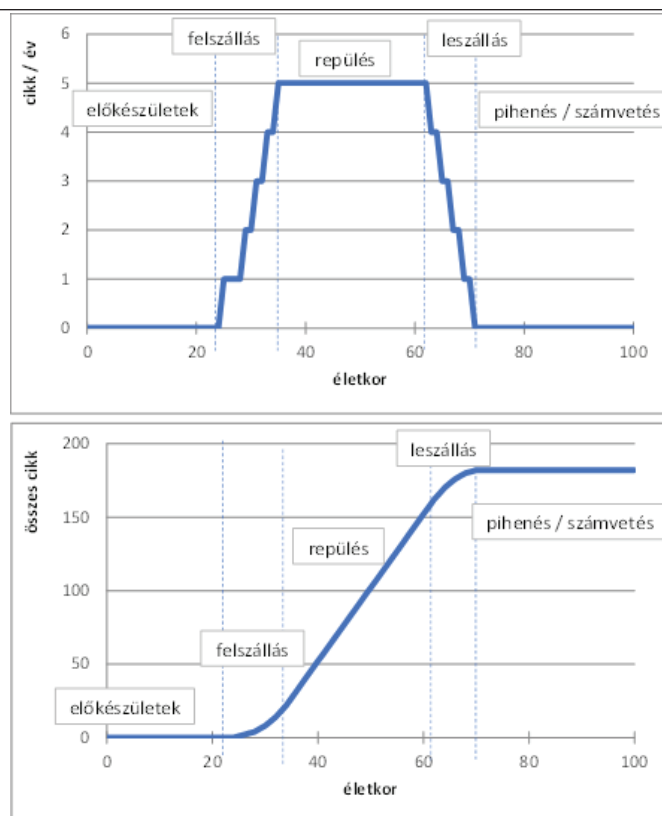
1.táblázat Az évente megjelent cikkek száma különböző életévekben (hölgyeknél gyerekenként 2 év, férfiaknál gyerekenként 1 év esik ki, de mivel ez majdnem mindenkinél bekövetkezik, a gyerekvállalás nem jelent veszteséget, sőt)

Életévek	Az évente megjelenő cikkek száma
0 – 24	0
25 – 28	1
29 – 30	2
31 – 32	3
33 – 34	4
35 – 62	5
63 – 64	4
65 – 66	3
67 – 68	2
69 – 70	1
71	0

(nem bölcsész) kutatói életpályát a tudományos folyóiratcikkek szegélyezik. A kérdés az, hogy milyen eredménnyel? Erről szólnak a következő fejezetek.

2. A különböző rangú folyóiratokban publikált cikkek visszhangja

Az ember társas lény, élete a kommunikációról szól. Így van ez a kutatói életpályát befutó emberrel is, azzal a különbséggel, hogy a normál életéhez tartozó normál kommunikáción kívül (jó esetben nem a helyett) van egy tudományos kommunikáció is az életében. Ez az általa írt cikkekben megadott, mások előző műveire való hivatkozásokban és a mások által írt cikkekben az Ő előző munkáira történt hivatkozásokban nyilvánul meg. Süket az az ember, aki nem hivatkozik másokra és hatásában néma marad az, akire nem hivatkoznak mások (hogy fokozzuk:



1.ábra Az évente megjelent cikkek száma különböző életévekben (fent az 1. táblázat alapján) és az összes cikkek száma az idő függvényében (lent). Az előkészületi fázisba ideális esetben beletartozik az angol nyelvnek egy külfölditől elvárható „tökéletes” elsajátítása is, ellenkező esetben a felszállás és a repülés problémás lesz

süketnémaként szomorú dolog leélni egy életet). Ahhoz, hogy gondolataink messze elérjenek és hatásunk a kortársakra és az utánunk jövőkre szignifikáns legyen (azaz életünket ne süketnéma kutatóként éljük le), olyan folyóiratokban kell publikálnunk, melyeket pályatársaink közül a Föld országában a legtöbb olvasnak és ezért a legtöbb hivatkoznak. Ennek jellemzésére szolgál a Scopus/ Scimago-ban a D1-Q1-Q2-Q3-Q4 rangsorolás, ahol a Q jelentése quarter = negyed, D jelentése decimal = tized. Önmagában már az is egy folyóirat (egyéb közlemény) rangját jelenti, ha bekerül a Scopus adatbázisába. Ezen belül tudományáganként a D1- és Q1-folyóiratok a legjobb (legtöbbet hivatkozott) 10 és 25 %-ba tartoznak, míg a Q4 folyóiratok a leggyengébb (legkevesebbet hivatkozott) 25 %-ba tartoznak. A Q-index minden folyóírra ingyenesen elérhető (www.scimagojr.com), a D1-be tartozó folyóiratok köre az ott megadott SJR értékekből határozható meg (lásd www.mtmt.hu is). A Scopus által nem jegyzett kiadványban publikálni 2019-ben bűnnek számít saját

tudományos eredményeinkkel szemben, kivétel, ha azt magyar nyelven tesszük a szakmai anyanyelv ápolása és fejlesztése céljából (lásd lent).

A Scopus adatbázisban megvizsgáltuk, hogy az ott 2018 végén fellelhető 2701 db, főleg műszaki miszkolci közleményre a publikálás óta eltelt évek függvényében átlagban hány hivatkozás érkezett (lásd 2. táblázat és 2. ábra). A 2. táblázat egyenletei nagy szórással értendők. Ezért a 2. táblázatot úgy kell használni, hogy ha egy adott típusú közleményből megjelenik 5 db, akkor az egyik 0 %, a másik 50 %, a harmadik 100 %, a negyedik 150 %, míg az ötödik 200 % hivatkozást fog szerezni ahhoz képest, amit az 1. táblázatban látunk. Azt, hogy az 5 cikk közül melyik lesz 0 %-on és melyik 200 %-on, nem lehet előre tudni, de ez most mindegy is.

Itt érdemes megemlíteni, hogy a Scopus-ban nem látszó, magyar nyelven, itthoni szakfolyóiratban

megjelenő cikkek a Scopus/Scimago-os Q4-es cikkekhez képest kb. fele akkora hivatkozás-vonzó képességgel rendelkeznek, de a magyar nyelvű konferencia-kiadványokhoz képest a magyar szaklapok teljesítménye 5-szörös, azaz minden relatív e világon. A magyar szaklapokban való publikálásról részletesebben lásd lent.

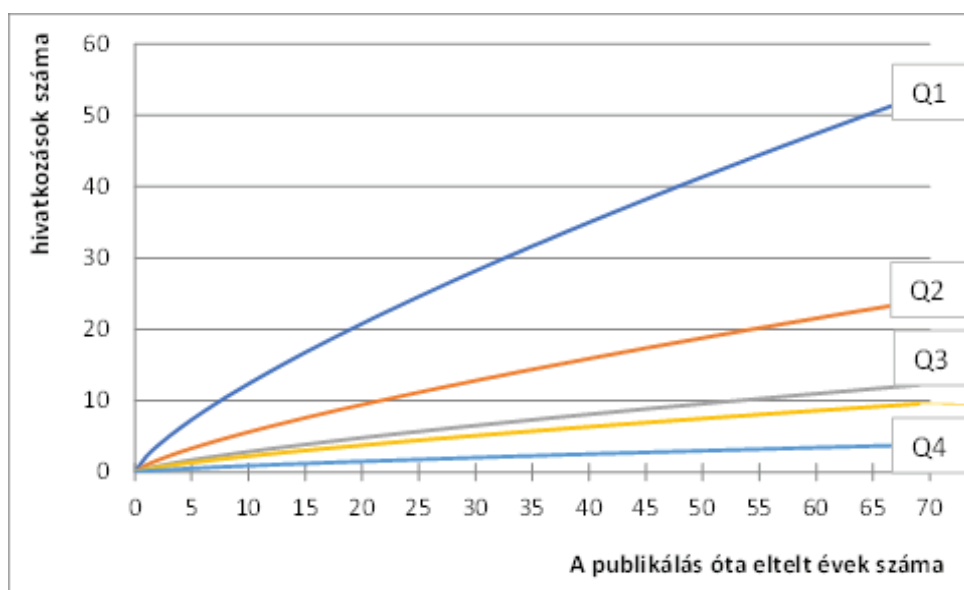
Ugyan a 2. táblázat és ezért innen kezdve minden csak a műszakiakra igaz, a végső konklúziók helytállóak más területeken is. Például a kémikusok több hivatkozást kapnak, de arányosan nagyobbak is az MTA doktorokkal/MTA levelező tagokkal szembeni elvárások az MTA Kémia Osztályán, mint az MTA Műszaki Osztályán és e két hatás közel kiegyenlíti egymást.

3. Az egyéni tudományos teljesítmény mérése

2. táblázat A különböző publikációs típusokra érkezett átlagos hivatkozási szám a publikálástól eltelt évek számának függvényében

Publ. típusa	közelítő egyenlet	5 év	10 év	15 év	20 év
Q1 cikk	$= 2,2 \cdot \dot{E}v^{0,75}$	7,5	12	17	21
Q2 cikk	$= 1,0 \cdot \dot{E}v^{0,75}$	3,4	5,6	7,6	9,5
Q3 cikk	$= 0,51 \cdot \dot{E}v^{0,75}$	1,7	2,9	3,9	4,8
egyéb*	$= 0,40 \cdot \dot{E}v^{0,75}$	1,4	2,2	3,0	3,8
Q4 cikk	$= 0,16 \cdot \dot{E}v^{0,75}$	0,5	0,9	1,2	1,5

*: egyéb = a Scopusban látszó könyvek, könyvfejezetek és konferencia kiadvány cikkek



2. ábra A 2. táblázat értékeinek bemutatása grafikusán és kicsit optimistán (20 évvel a publikálás után a valóságban a hivatkozások emelkedésének üteme időben talán jobban csökken, mint itt látjuk, de erre nincs megbízható adatunk)

A tudományos teljesítmény mérhetetlen. Ugyanakkor mérése szükségszerű, hiszen a társadalomnak a korrupción túl szüksége van egy objektív eszközre is, amivel eldönthető, hogy a sok önjelölt közül kit nevezzünk ki / válasszunk meg magas és ehhez illő fizetéssel járó tudományos pozíciókba, vagy kire bízunk nagy összegű tudományos projekteket.

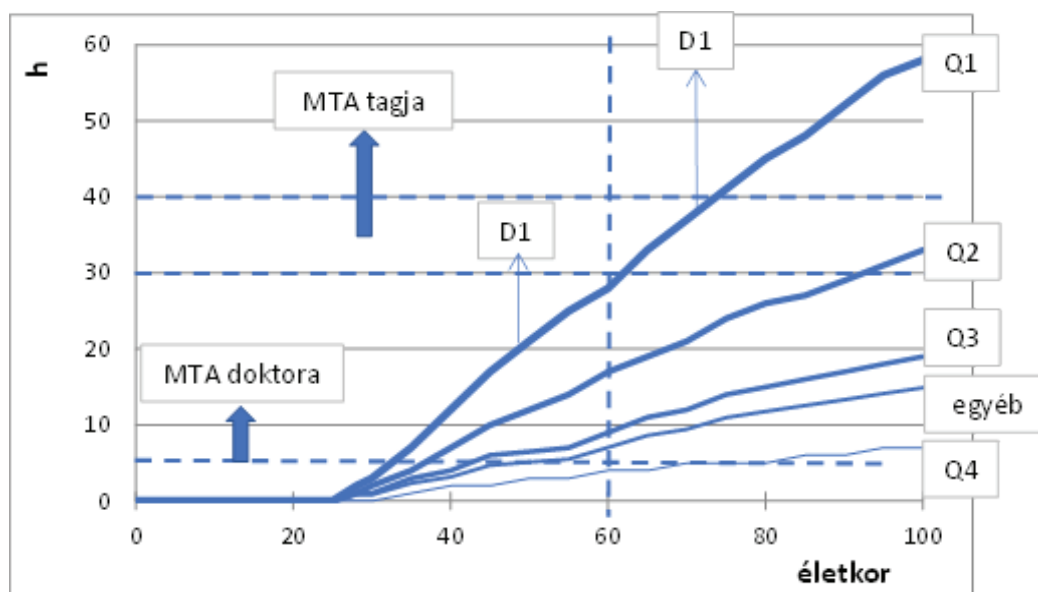
Az egyének tudományos teljesítményének formális jellemzésére a leginkább elfogadott mérőszám a Hirsch által 2005-ben bevezetett h-index, ami azon cikkeink számával egyezik meg, melyek mindegyike legalább ugyanennyi hivatkozást kapott, miközben a többi cikkünkre ennél kevesebb hivatkozás érkezett. Magyarországon a h-indexet a független hivatkozásokról illik számolni: független az a hivatkozás, amikor a hivatkozó és a hivatkozott művek szerzői között nincs átlapolódás. A társszerzők hatásáról tengernyi irodalom van, de közmegegyezés egyelőre nincs arról, hogy hogyan lehet lehámozni az együtt írás hatását az egyénre vonatkoztatott h-indexről. Ezért itt és most ezzel a hatással nem foglalkozunk, de megjegyezzük, hogy a társszerzők számának növelése ugyan statisztikailag növeli a hivatkozások számát és a h-indexet, de minden kutatónak etikusan kell eljárnia és csak azokat illik feltüntetni társszerzőként, akiknek valóban szignifikáns hatása volt az adott cikk megszületésében.

4. Az életpálya lehetséges kimenetelei

Mindezek után, az 1-2. táblázatok összekapcsolásával kiszámítottuk, hogy hogyan változik egy átlagos műszaki oktató-kutató h-indexe élete során, annak függvényében, hogy a 2. táblázatban megadott öt publikációs kategória közül melyik kategóriában publikál kizárólagosan (3. ábra). Az élet persze nem ilyen egyszerű, hiszen szinte mindenki szinte minden helyen publikált már életében, de nem mindegy, hogy jellemzően Q1-es, vagy Q4-es helyen publikálunk-e? Hogy ez mennyire nem mindegy, az a 3. ábráról látszik.

A h-indexek értékeléséhez érdemes észben tartani, hogy itt most összesen 182 cikket vizsgálunk (lásd 1. táblázat), tehát a h-index maximális értéke 182. Ráadásul fent úgy döntöttünk, hogy a cikkek ötödének statisztikailag közel zérus hatása lesz, ezért az elérhető maximális h-index 145. Ez az érték Nobel díj magasságában van, de mint a 3. ábráról látszik, ez a veszély bennünket nem fenyeget, hiszen a 60-as értéket is alig érjük el még akkor is, ha 100 évig élünk is, de ezt is csak akkor, ha minden cikkünket Q1-es folyóiratban publikáljuk.

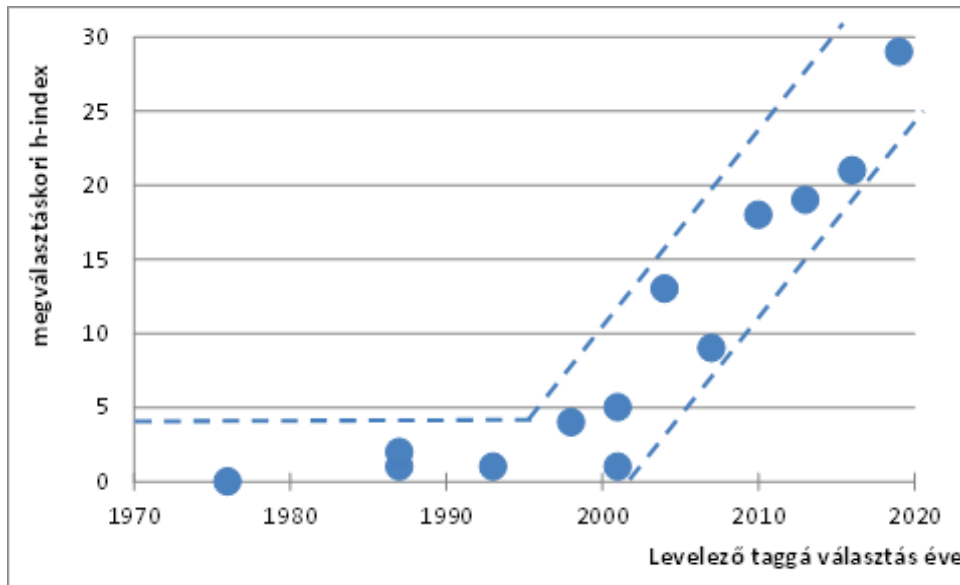
Az élet értelmén ugyan van ideje merengeni annak, aki 100 évig él, de a karrier építésére nincs ennyi időnk. Egyszerűsítve kijelenthető, hogy aki 60 éves korára kutatóként nem lett valami, az már utána sem lesz az a valami (lásd a függőleges szaggatott



3. ábra A h-index függése az életkortól, ha az életpálya az 1. ábra alapján alakul, és a műszakis kolléga összes cikke a görbéken megjelölt minőségű (a D1 vonal biztosan a Q1 vonal felett van, de annak meghatározásához nincs elég empirikus adatunk)

vonalat a 3. ábrán). A 3. ábrán vízszintes vonallal jeöltük az MTA doktori fokozat habitusvizsgálatánál ma előírt minimális $h = 5$ értéket az MTA Műszaki Osztályon azzal a megjegyzéssel, hogy a védéshez egyéb okokból általában magasabb h -értékre van szükség¹, ráadásul 5-10 éven belül ezt a minimum 5-ös értéket várhatóan a Műszaki Osztályon emelni fogják. A 3. ábráról látjuk, hogy aki biztosra akar menni az MTA doktora cím megszerzésével, annak minimum Q2-es folyóiratokban kell publikálnia: ekkor az MTA doktora cím 40 - 45 éves korra megszerzhető. Ha azonban valaki csak Q3-as szinten publikál, akkor valószínűleg csak 60 éves kora felett lesz az MTA doktora, ha az lesz egyáltalán (a Q3-as szint alatti publikálásról nem is beszélve). Ahhoz a múltban is nagy jóakarattal kellett, hogy valakit egyetemi tanárrá nevezzenek ki MTA doktora cím nélkül. A 3. ábráról azt látjuk, hogy aki biztosan professzorként

$h = 40$ -as érték kell ehhez (lásd 4. ábra). Mint a 3. ábráról látjuk, ennek a sávnak az alja 60 éves életkorra majdnem elérhető, ha valaki csak Q1-es cikkeket publikál. Ahhoz tehát, hogy „biztosra” lehessen menni a műszaki levelező tagság tudományometriai feltételeinek teljesítésével, nem elegendő csak Q1-es folyóiratokban publikálni, törekedni kell arra, hogy minél több cikkünk D1-es folyóiratban jelenjen meg (ezt az esetet a 3. ábrán nem mutatjuk be, mert nincs hozzá elegendő empirikus adatunk, de ezzel biztosan növelhető a h -index). Látjuk, hogy 1998 előtt a tudományometriai paramétereknek még nem volt szerepük az akadémikus választásban, de az elmúlt 20 évben ez vált az egyik szükséges (bár nem elégséges) feltétellé. Az itt látható emelkedő trend idővel valószínűleg lassulni fog, a mindenkori akadémikus jelöltek eredményeinek függvényében. A levelező tagok jellemzően 6 évvel a megválasztá-



4.ábra Az MTA Műszaki Osztályának gépész-kohász szakcsoportjába megválasztott (még ma is élő) levelező akadémikusok független hivatkozásaiból számított h -indexei a megválasztást megelőző évben a megválasztás évének függvényében. Az akadémikusok adatai a www.mta.hu, míg publikációik és hivatkozásaik a www.mtmt.hu oldalról.

akar nyugdíjba menni, az jól teszi, ha minimum Q2-es szinten publikál.

Az MTA levelező tagsághoz szükséges minimális szint hivatalosan nincs rögzítve, de valószínűsíthető, hogy a jövőben minimum $h = 30$, de inkább

suk után válnak rendes taggá. Nagyszámú (5 feletti) társ-szerzővel publikáló jelöltek megjelenése esetén h -indexeiket várhatóan arányosan redukálni fogják, de erre egyelőre nem volt szükség, mivel eddig minden sikeres jelölt 3 ± 2 szerző / cikk értékkel bírt. A 3. ábráról az is látszik, hogy aki jellemzően az „egyéb”, vagy a Q4-es (ad-abszurdum a Scopus-ban nem is látszó) kategóriában publikál, az szinte biztosan nem lesz se az MTA doktora, se professzor, bár a múltban előfordultak ilyen professzori kinevezések is. Arra azonban senki ne számítson komolyan a fiatalok közül, hogy ez vele is megtörténhet a jövőben,

¹ Az elmúlt évben két hölgy és két úr MTA doktorrá választás kísértük figyelemmel a Műszaki Osztályon; h -indexük rendre 8 – 12 – 15 – 17. Közülük két miskolci volt 50 életév felett és két BME-s 40 életév alatt, mindkét csoportban 1-1 hölgy és úr volt, a BME-sekhez tartoznak a magasabb h -index értékek dacára annak, hogy átlag 15 évvel voltak fiatalabbak miskolci társaiknál.

ugyanis túl nagy az esélye a csalódásnak.

Végeredményben megállapíthatjuk, hogy ugyanaz a kutatói igyekezet (lásd 1. ábra) minőségileg különböző eredményhez vezet a nyugdíjas kor felé közelítve: átlagos oktatónk – kutatónk nyugdíjba mehet docensként, professzorként, de akár akadémikusként is annak függvényében, hogy kutatói igyekezete gyümölcseit Q3-as (vagy gyengébb), Q2-es, vagy Q1-D1-es folyóiratokban publikálja-e. A minőségi beosztáshoz, a vele járó minőségi fizetéshez és a minőségi kutatói életpályához tehát minőségi teljesítmény szükséges nemcsak az új tudományos eredmények létrehozásában, hanem azok publikálásában is.

5. A magyar szaklapokban való publikálásról

Érdemes külön szólnunk a hazai szaklapokban magyar nyelven való publikálásról is, amit mi minden magyar oktató / kutató erkölcsi kötelességének tartunk. Kérdés persze, hogy ez az erkölcsi kötelesség hogyan fér bele az itt vizsgált karrierépítés követelményébe, ha tudjuk, hogy a magyar nyelvű szaklapoknak még a Scopus/Scimago-os Q4-es folyóiratoknál is kisebb a hivatkozásvonzó képességük? A válasz egyszerű: addig, amíg életpályája során egy amerikai kutatónak elegendő évi átlag 5 folyóirat-cikket publikálnia (lásd 1. táblázat), addig nekünk évente kell publikálnunk egy hatodikot is, mégpedig magyar nyelven. Ennek célja nem a hivatkozások gyűjtése és a h-indexünk fokozása, hanem a magyar szaknyelv fejlesztése és ápolása, illetve részvétel a magyar szakmai életben¹.

Ez a szerzők részéről nemcsak marketing-szöveg, hanem folyamatosan megvalósított életprogram is. E cikk második, kohómérnök szerzője például eddigi pályája során 234 folyóiratcikket publikált, ezek közül 51 cikket magyarul (22 %, ami több mint minden 5. cikk). Mindezt 10 különböző magyar folyóiratban tette, ez a 11. magyar folyóirat. Ezek többsége szűk értelemben vett szakmai cikk (1-31), de ide értendők a kandidátusiról és az MTA székfoglalóról szóló beszámolók is (32-32). A szakmai cikkek közül érdemes kiemelni a határfelületi erőkről szóló cikksorozatot (9-14), aminek célja kifejezetten a témában addig nem létező magyar szakmai szaknyelv megteremtése volt; ez a szaknyelv addig azért nem létezett, mert e cikksorozat közvetlenül azután íródott, hogy szerző angol nyelven rendszerezte és angol

nevezéktanba foglalta a különböző típusú határfelületi erőket egy nemzetközi publikációjában. Kiemelésre érdemes, hogy a magyar szaklapokban publikált cikkekben alkalom nyílt arra is, hogy fiatal kollégáit társ-szerzőként a magyar szakmai közösgnek bemutassa (Deviatkin Szergej, Bolyán László, Sytchev Jaroszláv, Báder Enikő, Jánosfy Gyula, Borsik Ákos, Baumli Péter, Gábor Tamás, Dezső András, Lévai Gábor, Somlyai Sipos László, Bálint Péter, Mekler Csaba, Baranyai Viktor, Szabó József, Tóth Gergő és Godzsák Melinda).

A magyar szaklapokban közölt szoros értelemben vett szakmai cikkek mellett szép számmal születnek társadalmi célú cikkek is. Itt elsősorban nem a Csepeli György szociológus professzorral közösen az oldatok és a társadalmak szegregációját összehasonlító cikkére (33), hanem elsősorban a Miskolci Egyetem Kohómérnöki / Műszaki Anyagtudományi Kar átalakítását és fejlesztését érintő kérdésekre (35-43), vagy a tudomány-metria tárgyú cikkekre gondolunk (44-47), de ide tartozik a Berecz Endre professzort búcsúztató nekrológ is (51).

Sasvári Péter, e cikk első szerzője eddigi pályája során 16 tudományos folyóiratcikket jelentetett meg magyarul (52-62), ezek közül kettőt az 1840-ben alapított Magyar Tudományban. Fő kutatási témája a tudományos teljesítmény mérése. Az MTA IX. Gazdaság- és Jogtudományok Osztálya külön hazai listát hozott létre A, B, C és D minőségi kategóriával. Az A kategóriájú Pro Publico Bonoban kétszer, a Hadtudományban pedig egyszer jelen meg közleménye. Továbbá rendszeresen megjelenő, elektronikusan elérhető, DOI azonosítóval rendelkező, B és C kategóriás lapokban (Vezetéstudomány, Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek, Infokommunikáció és Jog) is adott ki egy-egy közleményt. Társszerzői között pedig egy professzor (Nemeslaki András), a Miskolci Egyetem Egészségügyi Kar docensei (Lukács Andrea, Mayer Krisztina), gazdasz- (Szűcsné Markovics Klára) és informatikus- (Törley Gábor) kolléga és volt tanítvány (Urbanovics Anna) is szerepelt.

E fejezet végén érdemes röviden szólni a magyar nyelvű szaklapok helyzetéről és küldetéséről anélkül persze, hogy e lapok főszerkesztőjének képzelnénk magunkat. A környező kelet-európai országokban azt a trendet figyelhetjük meg, hogy szakmai folyóirataik fokozatosan vagy kétnyelvűvé, vagy angol nyelvűvé válnak. Véleményünk szerint ez egy káros folyamat, amit a magyar nyelvű szaklapoknak nem szabad követniük. Magyar nyelvű szaklapként ugyanis hiánypótló és szakmáinkat éltető funkciójuk van. Ehhez képest a világban szerintünk senkinek

¹ Ráadásul a PhD címekhez és az MTA doktori címhez a magyar állampolgárok részére előírás a magyar nyelven való publikálás is, ezért Doktori Iskoláink és az MTA nagyon helyesen ösztökélnek is minket erre a tevékenységre.

nem hiányzik egy újabb, „futottak még” kategóriájú, Magyarországon szerkesztett angol nyelvű műszaki szaklap, amit nagy erőlködéssel talán be lehetne passzírozni a Scopus Q4, talán Q3 kategóriájába. Ez még akkor is igaz, ha tudjuk, hogy ez elvileg lehetséges, lásd pl. a BME-n a Czigány Tibor professzor által szerkesztett Express Polymer Letters című folyóiratot (ami a Q1-Q2 szintek között van a Scopus-ban), vagy a szintén a BME-n szerkesztett Periodica Polytechnica-t (ami a Q3-Q4 szintek között mozog), vagy az Óbudai Egyetemen szerkesztett Acta Polytechnica Hungarica-t, ami a szintén megsüvegezendő Q2-es minősítésen áll két kategóriában is.

6. Összefoglalás

Felváztoltunk egy idealizált kutatói életpályát: 25 éves korától fokozatosan publikálni kezd a fiatal kutató, majd 35 éves korára eléri az évi 5 nemzetközi cikket (+ egy hatodikot magyar nyelvű magyar szaklapban), ezt szintet tartja 62 éves koráig, végül a nyugdíj felé közelítve publikációs aktivitása fokozatosan lecseng. A Scopus-ban is látszó, miskolci (főleg műszaki) folyóiratcikkekre kapott hivatkozások elemzéséből meghatároztuk a különböző Q-típusokra érkező átlagos hivatkozások számát a publikálástól eltelt idő függvényében. E két információ együttes kezelésével meghatároztuk a h-index életkor függését öt idealizált kutatóra, akik azonos számú cikket publikálnak ugyan, de különböző minőségű folyóiratokban. Úgy találtuk, hogy az MTA levelező szint eléréséhez a Q1-es publikációk mellett minél nagyobb hányadban D1-es publikációkra is szükség van. Megmutattuk, hogy az MTA doktora cím a Műszaki Osztályon 45 éves korra megszerezhető már Q2-es publikációkkal is, de Q3-as, vagy annál gyengébb publikációkkal az MTA doktora cím csak 60 éves kor felett, vagy egyáltalán nem érhető el.

Ezen információ birtokában minden fiatal kollégánk eldöntheti, hogy docensként (Q3, vagy az alatt), professzorként (Q2, vagy a felett), vagy akadémikusként (Q1 – D1) akar-e nyugdíjba menni. Ehhez nincs más dolga, mint követni a fent leírt receptet. Ugyan az itt közölt konkrét hivatkozási számok és h-index értékek csak a műszakiakra jellemzőek, de a fenti D1-Q1-Q2 szabály minden szakterületre alkalmazható a bölcsészet kivételével, hiszen az egyéb szakterületeken jellemző magasabb / alacsonyabb hivatkozásokhoz logikusan magasabb / alacsonyabb elvárások tartoznak a MAB-ban, illetve az MTA vonatkozó osztályán az MTA doktora és az MTA levelező tagja

vonatkozásában.

A fentiekből az következik, hogy ha valaki docensként akar nyugdíjba menni, akkor nem kell fárasztania magát a minőségi és nemzetközi publikálás nehézségeivel. Azt ugyanis mindenkinek látnia kell, hogy a publikációs nehézségek a neve-sincs kiadványoktól a D1 szintig ívelő pályán exponenciálisan növekszenek, hiszen nemcsak mi, hanem minden amerikai, német, sőt kínai kutató is ugyanazokban a legjobb folyóiratokban akar publikálni, és minél feljebb kapaszkodunk, annál kisebb hányada jelenik meg az adott folyóirathoz leadott cikkeknek. Ahhoz, hogy Magyarországról (de pláne Miskolcra) hosszú távon csúcsfolyóiratokban publikáljunk, a kiváló kutatási eredményeken kívül azt is tudni kell, hogy hogyan kell cikket írni és publikálni. Ennek alapjaira tanítja meg e cikk második szerzője a „The Art of Doing Science” (= Kutatástan) című tantárgyában a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának (ME MAK) elsőéves doktoranduszait. A tárgy nemcsak azért megy angolul, hogy egyszerre lehessen előadni a magyar és külföldi hallgatóknak, hanem azért is, mert aki ezt angolul nem érti, az sajnos nem felkészült a tudományos pálya elkezdésére.

Fenti érvek hatására döntött úgy a ME MAK Doktori Tanácsa, hogy a 2019 szeptemberétől kezdve felvételre kerülő doktorandusz-hallgatók csak úgy engedhetők védelemre (várhatóan 2022-től kezdve), ha megjelenik minimum egy első-szerzős, minimum Q2-es minőségű folyóiratcikkük. Csak így biztosítható ugyanis, hogy a nálunk PhD oklevelet szerzett fiataloknak legyen esélyük teljes értékű oktatói / kutatói pályát befutniuk.

Utóirat

Mire ez a kézirat elkészült, kiderült, hogy a magyar állam (helyesebben annak EISZ nevű szerve) a 2019-es évre nem kötött szerződést az Elsevier-rel (a világ legnagyobb tudományos folyóirat kiadójával), és így a Scopus adatbázist sem fogjuk legálisan elérni (hacsak nem bírálunk Elsevier folyóiratoknak, ami persze szintén a minőségi kutatói lét egyik alappillére). Ez azonban ne zavarjon meg senkit, hiszen a fent emlegetett Q-kategóriák ingyenesen elérhetőek minden folyóira-ra a www.scimagojr.com, vagy a www.mtmt.hu honlapon. Tehát azt a döntést, hogy melyik folyóiratba küldjük be a cikkünket, tudatosan meghozhatjuk 2019-ben is. Az persze más kérdés, hogy hogyan lehet minőségi publikációkat írni hosszú távon, ha nem, vagy ha csak nehézkesen férünk hozzá a minőségi publikációk egy jelen-

tős részéhez, melyek az Elsevier-nél jelennek meg. Erre ma nincs jó válaszunk, avagy illegális tartalmak letöltésére senkit nem akarunk bízni. Őszintén reméljük, hogy kutatói életpályája felépítésében ez a ma fennálló EISZ – Elsevier probléma csak egy átmeneti és felejtendő zavart fog okozni és senkit nem fog szignifikánsan visszavetni tudományos előrehaladásában. Az itt leírt trendek / követelmények azonban várhatóan akkor sem fognak lazulni, ha ne adj Isten az EISZ-Elsevier probléma hosszú távon is fennmarad.

Hivatkozások

- Kaptay Gy.: A Kelvin-féle görbület kontra a Gibbs-féle felület: a nano-termodinamika két paradigmája. Magyar Kémiai Folyóirat 124 (2018) 177-182.
- M. Godzsák, G.Lévai, G.Kaptay: A színes tűzihorganyzás szakirodalmának áttekintése. BKL Kohászat, 150/1 (2017) 36-42.
- Szabó J.T., Tóth G.B., Kaptay Gy.: A napelem célú szilícium előállításának kihívásai. Anyagok Világa, 2 (2015) 20-32.
- Mekler Cs., Baranyai V., Dezső A., Trampus P., Kresz N., Kaptay Gy.: A szemcsehatár energia, a szemcsehatár-szegregáció és a szemcsehatár-átalakulás modellezése többkomponensű ötvözetekben. BKL Kohászat, 148/3 (2015) 43-49.
- Somlyai-Sipos L., Baumli P., Kaptay G., Bálint P., Dezső A., Simon A., Gácsi Z., A. Lekatou, T. Sfikas, A. Karantzas: Volfrám-karbid szemcsékkel erősített alumínium mátrixú kompozit fejlesztése. BKL Kohászat, 148/2 (2015) 34-39.
- Csik A., Takács V., Hakl J., Vad K., Tóth J., Kövér L., Török T., Kaptay Gy., Lévai G., Kun É., Sós D., Glodán Gy., Szabó M.: Ipari minták felületközeli összetételének vizsgálata tömegspektrometriával. BKL Kohászat, 147/2 (2014) 33-36.
- Dezső A., G.Kaptay: Rézforrasztásra használt ón-ezüst-réz rendszer egyensúlyi vizsgálata BKL Kohászat, 147/2 (2014) 2-6.
- Kaptay Gy.: Hány alapegység van szükségünk az általunk ismert világ leírásához? Magyar Tudomány, 7 (2012) 856-860.
- G.Kaptay: Határfelületi erők a fémek anyag-gyártásban. 6. rész: A határfelületi kapilláris erő. BKL Kohászat, 145/5 (2012) 43-47.
- G.Kaptay: Határfelületi erők a fémek anyag-gyártásban. 5. rész: A határfelületi szétterítő erő. BKL Kohászat, 144/5 (2011) 9-13.
- G.Kaptay: Határfelületi erők a fémek anyag-gyártásban. 4. rész: A határfelületi gradiens erő. BKL Kohászat, 143/5 (2010) 45-54.
- G.Kaptay: Határfelületi erők a fémek anyag-gyártásban. 3. rész: A görbület indukálta határfelületi erő. BKL Kohászat, 143/3 (2010) 33-38.
- G.Kaptay: Határfelületi erők a fémek anyag-gyártásban. 2. rész: A határfelületi összehúzó erő. BKL Kohászat, 142/6 (2009) 37-46.
- G.Kaptay: Határfelületi erők a fémek anyag-gyártásban. 1. rész: A határfelületi erők rendszerezése. BKL Kohászat, 142/3 (2009) 39-46 (lásd még: 142/5 (2009) 43).
- Gábor T., Kármán E., J.Sytchev, Kaptay Gy., Kálmán E.: Sólóvadékok elektrokémiai szintézisével előállított karbon nanocsövek extrakciója. BKL Kohászat, 140/2 (2007) 43-50.
- Baumli P., Sytchev J., Kaptay Gy.: SiC és Al₂O₃ kerámia szemcsék felületkezelése sóoldadékokban. BKL Kohászat, 139/3 (2006) 47-50.
- Kaptay Gy.: Hozzászólás Réger M., Verő B., Csepeli Zs., Szélig Á. "Folyamatosan öntött acélok makroszegregációja" című cikkéhez. BKL Kohászat, 138/3 (2005) 13-16.
- Báder E., Kaptay Gy.: Határfelületi energiák a WC/Cu-Sn rendszerben. BKL Kohászat, 133/11 (2000) 431-435.
- Z.Benkő M., Kaptay Gy.: Az LD-konverter anyagmérlege. BKL Kohászat, 133/6-7 (2000) 241-248.
- Báder E., Bolyán L., Kaptay Gy., Báder I.: Kerámiák korróziója fémoldadékokban a határfelületi energiák tükrében. Korróziós Figyelő, 39/5 (1999) 144-146.
- Kelemen K.K., Kaptay Gy., Borsik Á.: Fémhabok: az anyagtervezés potenciális anyagai. Gép, 50/11 (1999) 58-61.
- Jánosfy Gy., Kaptay Gy., Szabó Z., Szélig Á.: Az oxigén túltelítettség az acélsóvadék alumíniummal való dezoxidálása során. BKL Kohászat, 132/6-7 (1999) 245-249 o.
- Báder E., Kaptay Gy.: Az öntőpor szerepe acélok folyamatos öntésénél. BKL Kohászat, 132/6-7 (1999) 250-254.
- Tury B., Sytchev J., Kaptay Gy.: TiB₂ bevonat elektrokémiai szintézise. Gépgyártástechnológia, 38/10 (1998) 111-114.
- Kaptay Gy., Bolyán L.: Fémmátrixú kompozitok gyártásának határfelületi aspektusai. 2/2. rész. A határfelületi energiák adatbankja. BKL Kohászat, 131/9-10 (1998) 305-314.
- Kaptay Gy., Bolyán L.: Fémmátrixú kompozitok gyártásának határfelületi aspektusai. 2/1. rész. A határfelületi energiák adatbankja. BKL Kohászat, 131/5-6 (1998) 179-185.
- Kaptay Gy.: Fémmátrixú kompozitok gyártásának határfelületi aspektusai. 1/2. rész. A határfelületi kritériumok levezetése. BKL Kohászat, 130/8-9 (1997) 311-314.
- Kaptay Gy.: Fémmátrixú kompozitok gyártásának határfelületi aspektusai. 1/1. rész. A határfelületi kritériumok levezetése. BKL Kohászat, 130/5-6 (1997) 201-208.
- Bárczy P., Kaptay Gy., Gácsi Z., Lovas A., Szigeti F. Szilárd szemcsék és gyorsan mozgó kristályfront kölcsönhatása. A ME közleményei, B: Metallurgia, 39 (1995) 279-290.
- Kaptay Gy., Deviatkin S.V., Berecz E., Shapoval V.I. Átmeneti fémoxidok elektrokémiai szintézise sóoldadékokból. Gépgyártástechnológia, 31/10 (1991) 445-446.
- Kaptay G. Kémiai reakciók kloro-aluminát oldadékokban (a

- kandidátusi disszertáció bemutatása). BKL Kohászat, 123/2 (1990) 88-91.
32. Kaptay Gy. Akadémiai székfoglaló. BKL Kohászat, 149/5 (2016) 51-53.
33. Kaptay György, Csepeli György: Szegregáció oldatokban és társadalmakban. Magyar Tudomány, 9 (2017) 1132-1143.
34. Kaptay Gy., Krállics Gy.: Bemutatkozok a BAY-NANO kutatóintézet. Van-e perspektívája a nanotechnológiának az acélok gyártásában? – ISD Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények, 47/3 (2007) 111-116.
35. Kaptay Gy.: Nanotechnológiai képzés a Miskolci Egyetemen – BKL Kohászat, 143/5 (2010) 54.o.
36. Kaptay Gy.: Kiegészítés „A többciklusú képzés tapasztalatai a Műszaki Anyagtudományi Karon” című cikkhez, BKL Kohászat, 142/5 (2009) 43.
37. Kaptay Gy., Z.Benkő M.: A kohászati és anyagmérnöki felsőoktatás jövője a bolognai folyamatra való áttérés után – BKL Kohászat, 139/1 (2006) 6-11.
38. Kaptay Gy., Z.Benkő M.: A történelmi Kohómérnöki Kar szervezeti átalakítása és új képzési struktúrája – DUNAFERR Műszaki Gazdasági Közlemények, 4 (2004) 281-287.
39. Átalakulások az Anyag és Kohómérnöki Karon – dr. Kaptay György dékánnak az OMBKE 93. Küldöttgyűlésén elhangzott tájékoztatója – BKL, 137/4 (2004) 37-38. o.
40. Kaptay Gy., Z.Benkő M., Tóth L., Károly Gy.: Beszámoló az Anyag- és Kohómérnöki Karon történetéről a 2000. július 1. és 2003. október 15. közötti időszakban, avagy konszolidáció és újabb válságmenedzselés – BKL Kohászat, 136/3 (2003) 113-120.
41. Kaptay Gy., Z.Benkő M., Tóth L., Roósz A.: Beszámoló a karon 1999. júliusa és 2000. júniusa között történetéről (A Kohómérnöki Kar utolsó félévének és az Anyag- és Kohómérnöki Kar első félévének fontosabb történéseiről) – BKL Kohászat, 133/6-7 (2000) 221-229.
42. Kaptay Gy., Z.Benkő M., Tóth L.: A Kohómérnöki Kar oktatási stratégiája - BKL Kohászat, 132/6-7 (1999) 228-235.
43. Kaptay Gy., Z.Benkő Mária, Tóth L., Roósz A.: A Kohómérnöki Kar átalakítása - az új menedzsment első nyolc hónapja. BKL Kohászat, 132/6-7 (1999) 222-227.
44. Torma A., Kaptay Gy.: A Miskolci Egyetem volt és jelenlegi oktatóinak és kutatóinak személyes H-indexe a Google Scholar személyes profilok szerint. MEGAZIN, 3 (2018) 20-21.
45. Kaptay Gy.: Folyóirat kiválósági rangsorok és tudományometriai kérdések a BKL Kohászat tudományterületein BKL Kohászat, 148/5 (2015) 49-52.
46. Kaptay Gy.: Rangos tudományos cikkek Miskolc városából a Web of Science tükrében (1975-2012). BKL Kohászat, 145/6 (2012) 75-76.
47. Anonymus Kohászkutató: Meddig él egy cikkünk? BKL Kohászat, 139/3 (2006) 13-18.
48. Kaptay Gy.: Rövid tájékoztató a TMS (AIME) 129., éves konferenciájáról – BKL Kohászat, 133/3 (2000) 118.
49. Kaptay Gy.: Anyagfajták csoportosítása, avagy mi van a tetraéder csúcsában? A II. OAAKK emblémájának egyik lehetséges értelmezése. BKL Kohászat, 132 (1999) 420.
50. Az MTA új levelező tagjainak bemutatása (Kaptay György). Magyar Tudomány, 8 (2016) 1009.
51. Kaptay Gy., Török T.: Berecz Endre (1925-2012), Nekrológ. BKL Kohászat, 145/6 (2012) 69.
52. Kóthay N., Mayer K., Sasvári P., Lukács A.: Testedzésfüggőség és meghatározó tényezőinek vizsgálata futóknál, Miskolci Egyetem Közleményei A, 7/1 (2017) 85-90.
53. Lukács A., Gál B., Sasvári P.: Problémás internethasználat vizsgálata 10-15 éves általános iskolás tanulóknál, Miskolci Egyetem Közleményei A, 7/2 (2017) 21-27
54. Lukács A., Papp V., Sasvári P.: Testkép- és étkezési zavarok vizsgálata középiskolás tanulóknál, Miskolci Egyetem Közleményei A, 7/1 (2017) 25-30.
55. Nemeslaki A., Sasvári P.: A felhő alapú számítástechnika használata a köz- és üzleti szférában, Pro Publico Bono: Magyar Közigazgatás, 9 (2015) 76-84.
56. Nemeslaki A., Sasvári P.: Az információbiztonság-tudatosság empirikus vizsgálata a magyar üzleti és közszférában, Infokommunikáció és Jog 9 (2014) 169-177.
57. Sasvári P., Urbanovics A.: A Nemzeti Közszozlálati Egyetem oktatói és kutatói publikációs teljesítményének értékelése a Scopus adatai alapján, Hadtudomány, 28 (2018) 228-240.
58. Sasvári P., Nemeslaki A.: Az MTA Gazdasági és Jogi Osztály köztestületi tagjai tudományos teljesítményének empirikus elemzése az MTMT alapján, Magyar Tudomány 179/9 (2018) 1399-1412.
59. Sasvári P., Nemeslaki A.: Tudományos folyóiratok méltányos rangsorolása az MTA Gazdasági és Jogi Osztályában: Mit mutatnak az adatok? Magyar Tudomány 178/11 (2017) 80-91.
60. Sasvári P., Törley G.: A magyar közszozlátást kutatók tudományok láthatósága, PRO Pro Publico Bono: Magyar Közszozlátás, 21/4 (2015) 112-132.
61. Sasvári P., Urbanovics A.: Kutatói közösségi hálózatok használata a Nemzeti Közszozlálati Egyetemen, Államtudományi Műhelytanulmányok, 14 (2018) 1-14.
62. Szűcsné Markovics K., Sasvári P.: A társadalmi vállalkozások működését akadályozó tényezők, különös tekintettel a finanszírozási nehézségekre, Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek 12/2 (2015) 83-93.

Tisztelt Olvasó! Kedves Kolléga!

Új rovatot indít útjára az Anyagvizsgálók Lapja szerkesztősége ebben a számban, PORTRÉ címmel. Célunk az, hogy ennek segítségével még erősebbre fonjuk az anyagvizsgálók közösségének hálóját. Valljuk ugyanis, hogy – a sakkozók nemzetközi jelmondatával élve – „Egy család vagyunk”, minden nézeteltérés és rövidtávú (vélt vagy valós) gazdasági érdek ellenére.

A rovatvezető bíz abban, hogy egyfelől az Olvasó érdekesnek, tanulságosnak találja majd a lejegyzett beszélgetéseket és esetleg új kapcsolatokat is épít, másfelől a beszélgetőtársak szívesen osztják meg az ismereteiket és tapasztalataikat a lap olvasóival ez úton is és a riport hatására talán egy kicsit még jobban kötődnek majd a szakmai közösséghez.



Rovatvezető: Skopál István

GYARMATI ISTVÁN

Ezt a beszélgetést Gyarmati Istvánnal, a Borsod-Chem Zrt. tanácsadójával még az egri konferencián kezdtük el. Mintegy húsz éves ismeretségünknek köszönhetően könnyű volt elkezdeni és aztán – elektronikus úton – folytatni.

István több mint negyedszázadon át vezette az egyik legnagyobb magyar vegyipari vállalat Műszaki Diagnosztikai Osztályát, s ezen belül irányította az ott folyó anyagvizsgálati és diagnosztikai munkákat. Mindig érdeklődött az újdonságok, az új vizsgálati lehetőségek iránt, miközben egyébként nagyon józanul értékelte azokat. Emlékeim szerint az első találkozásunk is ilyen jellegű volt: az örvényáramú vizsgálatok hasznát igyekeztem ecsetelni – az AGMI Zrt. „színeiben” – az ő és munkatársai számára. Ebből később pár éves munkakapcsolat alakult ki, mígnem saját vizsgálati kapacitást hoztak létre ezen a téren.



Gyarmati István

Milyen tanulmányok és munkák után érkeztl az anyagvizsgálat területére?

Miskolcon végeztem a Gépészmérnöki Karon vegyipari gépészként 1978-ban. Első munkahelyem a Borsodi Vegyi Kombinát volt, ahol jelenleg is dolgozom, közel 41 éve. Első feladatomban a vállalat termelő üzemének megismerése volt, beleértve a gyártási technológiákat és a karbantartási feladatokat, módszereket is. Ezt követően a mai nomenklatúra szerint karbantartó üzemmérnök lettem. Néhány év után, 1981-ben kaptam megbízást a műszaki diagnosztikai csoportvezető feladatainak ellátására.

Mi volt az, ami „megfogott” az anyagvizsgálati munkában? Vagy pusztán kényszerű választás volt?

A 80-as évek elején egy „előléptetést” nem illett visszautasítani. Visszagondolva azonban, mégsem mondanám kényszerű választásnak. Miután megismertem a feladataimat, elsajátítottam a rendelkezésünkre álló vizsgálati módszereket, és a vizsgálatok már rutinszerűvé váltak, az fogott meg, hogy az anyagvizsgálati eredmények elemzésével meg tudtam határozni a meghibásodás valószínű okát.

Foglald össze röviden, kérlek, a pályafutásodat a BorsodChem Zrt.-nél, illetve elődjénél, a Borsodi Vegyi Kombinátnál!

Mint már említettem, 1978-ban lettem a Borsodi Vegyi Kombinát munkavállalója, ahol mint karbantartó üzemmérnök dolgoztam. Többek között feladatom volt az üzemi karbantartás tervezése, a karbantartási folyamatok követése, majd lezárása.

1981-ben áthelyeztek a Műszaki Ellenőrzési és Koordinációs Osztályra, ahol a diagnosztikai csoportot vezettem. Ez már kifejezetten anyagvizsgálati terület volt. Itt a klasszikus módszerek mellett komoly rezgésvizsgálati tevékenységgel találkoztam, és már foglalkoztunk a meghibásodások elemzésével, a hibák okainak feltárásával.

A következő megbízásom ezen a területen 1987-től az osztályvezetői feladatok ellátása volt. Röviddel később közel 1 évet Líbiában dolgoztam, ahol egy vegyipari vállalat tartályainak és üzemközi csőhálózatának voltam a karbantartási felelőse. A visszatérésem után a vállalat gépészeti karbantartásáért feleltem.

A Borsodi Vegyi Kombinát komoly átszervezésen esett át 1991-ben, ekkor jött létre a BorsodChem Nyrt. Az új szervezetben a Műszaki Ellenőrzési Osztály vezetői feladatát kaptam, ahol ma is dolgozom.

Milyen érdekes, fontos vagy más szempontból kiemelkedő vizsgálati munkádra emlékszel szívesen vissza, sok év távolából?

Több említésre méltó esetet tudnék felsorolni, amivel a pályafutásom alatt találkoztam. Az izgalmasabb és közreadható jelentéseket feldolgoztam és konferenciákon ismertettem, nehéz lenne egyet kiválasztani.

Az egyik legfontosabb vezetői feladat – megjegyzem elvárás is – a vizsgálati technika fejlesztése. Ezek közül két területet emelnék ki. Az egyik a forgógép felügyelet. A klasszikus rezgésvizsgálati rendszerünket kiegészítettük az infravörös technikával és megtoldottuk egy gépellenzőrzési módszerrel. A rezgésmérést követően szemrevételezzük a forgógépet és minden eltérést följegyzünk. Az összes begyűjtött adat elemzésével pontosabb diagnózis készíthető. A másik fejlesztés, amire büszke vagyok, a hőcserélő csövek integritás-vizsgálata. Az akusztikus impulzus reflektometria, vagy rövidítve APR, segítségével szkenneljük a csövek belső felületét és a kapott jelek elemzésével megállapítjuk azok károsodásait. Ezzel a vizsgálati és kiértékelési módszerrel a hőcserélők

váratlan meghibásodásait kiküszöböltük. Sokan megkérdőjelezzik az APR alkalmazhatóságát. Erre én csak annyit tudok mondani, hogy nálunk a hőcserélők leállástól leállásig üzemelnek váratlan meghibásodás nélkül, ráadásul a maradék élettartam is számítható.

Mennyiben érintették – ha érintették – a munkád, illetve az általad vezetett Laboratórium munkáját az egyes tulajdonosváltások (az állami vállalat átalakulása részvénytársasággá, a bel- és külföldi tulajdonosok változásai)?

Minden vállalat árbevétel csak a megtermelt javakból érhet el. Ehhez üzembiztos termelőeszközökre van szükség. A mi tevékenységünk ennek biztosítására irányul. Így tulajdonostól függetlenül a munkánkra igényt tartanak. Összefoglalva tehát, ezek a változások nem érintették negatívan a Laborunk munkáját.

Milyen külső és belső szabályok, előírások (törvények, rendeletek, belső utasítások, EU-s direktívák, szabványok, belső utasítások, stb.) határozzák meg az anyagvizsgálók tennivalóit egy ilyen veszélyes vegyipari üzemben?

A karbantartás – beleértve az anyagvizsgálatot is – jelentős hatást gyakorolhat a termék minőségére. Emiatt a Laboratóriumunk is része a vállalati MIR, KIR, MEBIR és két éve az EIR rendszernek is. Ezek az irányítási rendszerek törvények, rendeletek, szabványok, belső utasítások sokaságát zúdítják ránk. Akarod, hogy felsoroljam? A BC Zrt. a nyomástartó berendezések vizsgálatához üzemi vizsgáló személyzettel rendelkezik. Ezt a lehetőséget csak akkor kapjuk meg a hatóságtól, ha megfelelő felszereltséggel rendelkező, akkreditált Laboratóriumunk is van. Az akkreditáció megköveteli, hogy megfelelőjünk néhány további szabálynak. Ez első hallásra nagyon soknak tűnik, de ha ügyesek vagyunk, akkor eligazodhatunk a szabályok sokaságában.

Gondolom, laborvezetőként mindig az egyik központi kérdés volt számodra a megfelelő képzettségű és létszámú vizsgálószemélyzet biztosítása. Mennyire volt ez nehéz feladat a múltban, és mennyire az manapság?

A BC Zrt. Anyagvizsgáló Laboratóriuma nem piaci szereplő. Létszámunkat az anyavállalat vizsgálatai igénye határozza meg. Megfelelő indoklással és

némi támogatással általában elértük, hogy a vállalat vezetése engedélyezze a létszám általunk javasolt növelését. Képzett anyagvizsgálót szinte lehetetlen szerződtetni, jelenlegi kollégáim saját nevelésűek. Az új munkavállalók anyagvizsgáló képesítés nélkül kerültek felvételre, Laboratóriumunkban szereztek képesítést és gyakorlatot. Ezeket a feladatokat sikeresen megoldottam, szerencsés voltam ezen a téren.

A nálatok szerzett képesítés azt jelenti, hogy a munkatársak nem végeztek „szokásos” anyagvizsgáló tanfolyamot, illetve nem szereztek tanúsítást?

Korántsem jelenti ezt! Vállalatunknál működik egy mentor-rendszer. Ez alatt azt kell érteni, hogy az újoncokat tapasztalt, képzett anyagvizsgálók mellé osztjuk be segítőnek, és kapnak egy-egy személyre szabott programot, amelynek a teljesülését rendszeresen mérjük. Ezt a folyamatot egy évre tervezzük. Ezt követően iskolázzuk be a kollégákat a „szokásos” anyagvizsgáló tanfolyamokra. Pontos számot most nem tudok mondani, de a személyzet átlagosan 4-5 eljárásból rendelkezik 1-2-3-as szintű minősítéssel.

Hogy látod, változott az anyagvizsgálók mentalitása, munkához való hozzáállása, szakmai megbízhatósága az elmúlt évtizedekben? És miként változott?

Felelősen csak azokról az anyagvizsgálókról tudok véleményt mondani, akikkel pályafutásom alatt kapcsolatba kerültem. Ez azért az anyagvizsgáló társadalom egy szűk szelete. Azt tapasztaltam, hogy a kiadott feladatokat megfelelő minőségben elvégezték, és ez többnyire elég. Ez a mentalitás egy új üzem létrehozása folyamán megfelelő. Más az elvárásom a karbantartás folyamatában! Laboratóriumunk feladata a berendezések állapotának felmérése, többnyire egy-egy vizsgálati utasítás végrehajtása. Komolyabb eltérés mérése, észlelése esetén viszont elvárom a kritikus hely környezetének feltérképezését is. Ezt azonban nem mindenki érzi kötelességének. Lehet, hogy bennünk vezetőinkben van a hiba. A feladat meghatározása során erre is ki kell térni. Úgy gondolom, hogy a munkához való hozzáállás, a szakmai megbízhatóság az elmúlt években nem romlott. Talán bizonyítja ezt az is, hogy nem megfelelő vizsgálatból adódó haváriával nem találkoztam.

Az előbbivel kapcsolatban adódik a kérdés: hogyan lehetne-kellene javítani az anyagvizsgálók

képzését és tanúsítási rendszerét? Mi a felelőssége ebben a munkáltatóknak, szerinted?

Az anyagvizsgálók képzését központi kérdésnek tekintem. Minden érettségizett fiatalból lehet kiváló anyagvizsgáló, ha Ő is akarja, és a vezetés időt, energiát nem kímélve segíti ezt a folyamatot. Higgyétek, el megéri! Én minden kollégám számára más és más oktatási tervet készítettem. A tudás felmérése után nagy hangsúlyt fektettünk az ún. alapo- zó tárgyakra. Ezt átvállaltuk a képző intézményektől, amelyek véleményem szerint kritikán alul, vagy egyáltalán nem foglalkoznak ezzel a fontos területtel.

Azt oktatjuk, hogy először szemrevételezzük a vizsgálat tárgyát, azonban sokszor tapasztalom, hogy pont ez az eljárás hiányzik a palettáról. Bezzeg PT2 és RT1 már van! Ha ezt a témát bővebben kifejteném, az egy értekezés lenne. Egy gondolatot még hozzátennék: A képző intézményektől az alapok oktatását és megtanítását várom el, de azt nagyon. Azért, hogy a kolléga kiváló anyagvizsgáló legyen, a Laboratórium vezetése a felelős.

Egerben tudtam meg Tőled, hogy fél éven belül nyugdíjba mégy, és azt is, hogy megvan már a ki-nevezett utódod, akinek így fokozatosan tudod átadni a tenni- és tudnivalókat. Minek köszönhető, hogy a „stafétabot” átadása ilyen példamutató – manapság sajnos igen ritkán tapasztalható – módon megy végbe nálatok?

A vezetők egyik fontos feladata az utánpótlás nevelése. Én ezt komolyan vettem! A kiválasztást követően a kollégám az elmúlt három év alatt folyamatosan kapott a szakmaiak mellé vezetői feladatokat is. Az éppen aktuális téma vázát átbeszéltük, és a „babaruha” megalkotása már az Ő feladata volt, ezt Én már csak felügyeltem. A vállalat életében az egyik legfontosabb feladat a nagyjavítás megtervezése, kivitelezése. Az elmúlt évben ezt már önállóan végezte, és jól. Meg kell jegyeznem, hogy tavaly a vezetői szerep átadását a HR részlegünk szabályzatba foglalta.

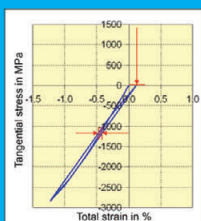
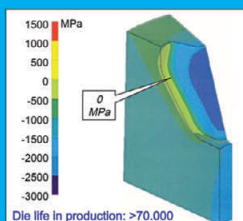
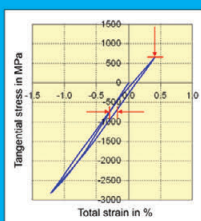
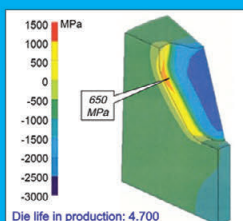
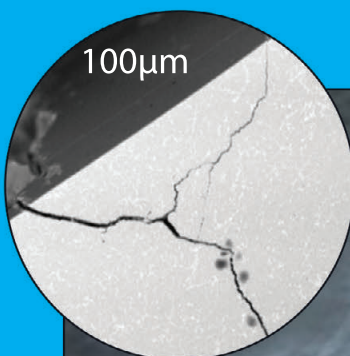
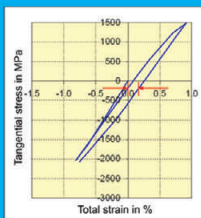
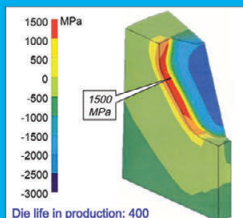
Végezetül: üdvözölhetünk-e a következő RAKK-on is két év múlva?

Alapvetően két dolog feltétlenül szükséges ehhez. Az egyik az akarat, a másik az egészség. Az akaratban nem lesz hiány, és remélem, hogy az egészségem meg fogja engedni. Találkozzunk a RAKK-on két év múlva!



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Az ország vezető szaklapja - www.anyagvizsgaloklapja.hu 2019/III. lapszám



Kisciklusú fáradás

ELŐZETES

- *Anyagvizsgálat a beruházások szolgálatában*
- *MAROVISZ hírek*
- *Fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati technológia*
- *Felrakó hegesztéssel készült munkadarabok ellenőrzése*
- *Portré*

Beszámoló a XI. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállítás eseményeiről

Egerben – már hagyományosnak is nevezhető helyen – 2019. március 20-22. között került megrendezésre a roncsolásmentes vizsgálatokkal foglalkozó szakemberek szokásos kétévenkénti seregszemléje. A periodikus rendezvények egyik sarkalatos kérdése mindig és mindenhol az, hogy milyen időközökben kerüljenek megszervezésre? Ha túl gyakran, akkor fennáll a „kifulladás” veszélye, ha pedig évek sokasága telik el két rendezvény között, akkor a nem aktív kapcsolattartás miatt a „futottak még” rendezvények kosarába kerülhet. Noha a két éves periódust lehet akár túl sűrűnek is tekinteni, mégis azt kell mondani, hogy éppen a mikroelektronika döbbenetes fejlődése az, ami indokoltá teszi a gyakoribb találkozásokat, hiszen újabb és újabb vizsgálati technikákat megvalósító készülékek jelennek meg a piacon és követelik ki helyüket a roncsolásmentes vizsgálati lehetőségek palettáján. Mielőtt ezek rövid összefoglalására rátérnék, nézzük csupán számokban a rendezvényt.

1. Táblázat A XI. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállítás résztvevői, előadásai

Meghívott/szervező/szponzor	18
Kiállító	19
Marovisz tag	34
Nem Marovisz tag	24
Marovisz tag - napi részvétel	15
Nem Marovisz tag - napi részvétel	13
Összes létszám	123

Előadások

Szóbeli előadások száma	30
Poszter előadások száma	12
Összes előadás	42

A konferencia¹ mottója: Az anyagvizsgálat a beruházások szolgálatában². Ez egyben jó hír is, hiszen azt sugallja, hogy a hazai nagyberuházások üteme gyorsul. Következményei pedig jó hatással vannak

a gazdaságra és a roncsolásmentes anyagvizsgálók „piacára”. Egyre több és jobban képzett vizsgáló szakembert igényel a „hazai piac”. Anélkül, hogy a hivatkozott honlapot idéznénk részleteiben a konferencia alapvető célkitűzéseit mindenképpen célszerű kiemelni. Ezek a következő módon kerültek megfogalmazásra:

- * egyrészt, bemutassuk a hazai roncsolásmentes vizsgáló közösségnek az elkövetkező évek azon lehetőségeit és kihívásait, amelyeket a beruházások jelentenek,
- * másrészt, tájékoztassuk a beruházásokban érintett iparágak szakembereit és döntéshozóit a roncsolásmentes vizsgálat jelenlegi helyzetéről és jövőbeni lehetőségeiről,
- * harmadrészt, lehetőséget kínáljunk a beruházók és a vizsgálók közvetlen párbeszédjéhez.



A konferencia programjának részletes bemutatása jóval meghaladja egy szokásos szakmai ismertetés kereteit, így ettől most eltekintek. Inkább vállalom annak kockázatát, hogy kiemelek néhány előadást és megkísérlek rámutatni ezek fontosságára, újszerűségére, ill. az elhangzottak jelentőségére.



Fényképek: kivágva a portré képek (Csinege-Gáti -Trampus)

¹A konferencia kiváló fényképfelvételeit Thaler Tamás készítette. Ezek megtalálhatók a <https://2019.marovisz-rakk.hu/> “Galleria” könyvtárában.

²<https://2019.marovisz-rakk.hu/>

A konferenciát a MAROVISZ elnöke, Trampus Péter nyitotta meg. A társszervezetek részéről a Magyar



Wilfried Hueck



Rosta László

Anyagvizsgálók Egyesületének elnöke, Czinege Imre és a Magyar Hegesztési Egyesület elnöke, Gáti József üdvözölte a résztvevőket.

A tradicionálisan baráti viszonyban levő német társszervezet, a DGZfP részéről – a szervezet vezetésében hosszú időn át vezető szerepet betöltő – Wilfried Hueck úr meleg szavakkal köszöntötte a résztvevőket. A nyitó-előadások közül Rosta László szerzőtársaival egyrészt áttekintette a neutronokkal történő besugárzáshoz kötődő anyagvizsgálatok módszereit, másrészt egy olyan perspektívát vázolt fel, amely 2021-ben alapvetően új vizsgálati lehetőségeket nyit meg hazánkban.

Kihangsúlyozta, hogy a neutron nyalábokkal való átvilágítás és megfigyelés eddig is lényeges szerepet

játszott számos ipari alkalmazásban, de a neutronforrások költségei, helyileg korlátozott hozzáférhetősége miatt a neutronos módszerek rutin felhasználása kevésbé terjedt el. Napjainkban viszont új korszak nyílhat és ebben nemzetközi szinten is úttörő szerep juthat Magyarországnak. Egyfelől, az MTA csillaghegyi kampuszán 60 éve működik biztonságosan a Budapesti Kutatóreaktor (BKR), amely a kutatási és mérnöki feladatok széles körét szolgálja ki 15 mérőberendezésével. Az elmúlt pár évben a BKR-nél nemzetközileg is egyedülálló műszer együttest és eljárásokat fejlesztettek ki anyagvizsgálati feladatok sokrétű és komplex megoldására. Másfelől, hamarosan megvalósul az alacsony költségű és helyigényű, viszonylag kis intenzitású úgynevezett kompakt neutronforrások használatba vétele, ami a neutronos anyagvizsgálatokat sokkal hozzáférhetőbbé teszi ipari és egyetemi környezetben. Európában elsőként épül fel 2021-re egy ilyen kompakt neutronforrás prototípusa Martonvásáron a MIRROTRON Kft.



Marosi Ákos

és az MTA EK közös, zöldmezős beruházásában.

A vasúti közlekedés egyik legfontosabb vonzereje lehet az utazási sebesség fokozatos növekedése. Ha csupán a középiskolai fizika tárgy legegyszerűbb ismereteit vesszük figyelembe – a mozgási energia a sebesség négyzetével arányos – akkor a pályabiztonság kérdése

alapvető. A mai korszerű roncsolásmentes vizsgálatok eszközrendszerének és mindennapi használatának igénye nem lehet egy pillanatig sem kétséges. Előadásában áttekintette a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati technológia alkalmazhatóságát a vasúti sínek „head check” (sínfej) hibáinak kimutatásában. E témakörben számottevő előrelépést jelentett a Bay Zoltán Non-profit Kft. Miskolci Intézetében 2018. november 22-én szervezett Workshop is, amelyen a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat tervezésének CIVA szoftvere került bemutatásra, alapvetően a sínek vizsgálatához kötődően.

Jesko Klippstein úr a Helling GmbH munkatársának előadása is a vasúti biztonság kérdésköréhez kapcsolódott. Előadásának címe a „Vasúti kerekek és ten-

gelyek gépi mágneses vizsgálata”. A hazánkban már hosszú ideje megtelepedett cég képviseletét ellátó AGMÜSZK 2000 Kft¹ szakemberei több évtizedes gyakorlattal rendelkeznek a törésmechanikai szempontból legveszélyesebb, felületi hibák kimutatásában.

A fázisvezérelt ultrahangos vizsgálathoz hasonlóan az ipari röntgen CT (rtg. CT) is az orvostudományi alkalmazásból lépett át az ipari hasznosításba. Míg a biológiai területen a kísérleti korszak az 1950-60-as évek elejére tehető^{2,3}, a Siemens, General Electric és a Philips gyártású készülékekkel, addig az ipari területeken⁴ mintegy 20-30 évvel később valósult meg a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat. A rtg. CT vizsgálat alkalmazásának elterjedése az 1970-es évektől gyorsult fel⁵. Jelentőségét talán az is kellően hangsúlyozza, hogy 1979-ben Allan M. Cormack és Godfrey N. Hounsfield az orvostudomány területén

osztott Nobe-Díjat kapott⁶. A GRIMAS Kft. tulajdonosa, Harnisch József szerzőtársával részletesen áttekintette a „A röntgen CT berendezések aktuális alkalmazástechnikai és fejlesztési lehetőségei”-t

E vizsgálati technika megjelenése szinte forradalmasította egyrészt a minőség-ellenőrzés eszközhátterét, másrészt a tudatos anyagtervezést. A minőségellenőrzéshez kötődően méretellenőrzés, anyaghibák letapogatása kapcsán azok elhelyezkedéséről és méreteiről ad részletes információkat. A tudatos anyagtervezés tekintetében pedig egyedüli módon járul hozzá a struktúra és paramétereinek feltárásához, és ezzel a struktúra – felhasználási tulajdonságok kapcsolatának megismeréséhez. A korszerű anyagok (a szálerősítéses, kompozit, stb.) tudatos tervezéséhez ez elengedhetetlen eszköz (lásd. pl. e lapszámban Orlubov I. cikkét).

Ugyancsak a mikroelektronika döbbenetes fejlő-



Harnisch József



Pór Gábor

¹ <http://www.agmuszk.hu/hu/partnereink/helling-gmbh>

² https://en.wikipedia.org/wiki/Medical_ultrasound

³ <https://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Ultrasonogor%C3%A1fia&oldid=20614915>

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Phased_array_ultrasonicshttps://en.wikipedia.org/wiki/Help:Maintenance_template_removal

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computed_tomography

dése tette lehetővé, hogy az évezredek óta ismert akusztikus emisszió (AE) jelenségét⁷ az ipari berendezéseink biztonságának megítéléséhez kötődő vizsgálat „igájába hajtsuk”. Gyermekkorunkban

⁶ <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1979/summary/>

⁷ https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013_roncsolasmentes_es_roncsolasos_anyagdiagnosztikak/akusztikus_emisszio.html

szinte mindnyájan átesünk fáramászás közben valamelyik ág reccsenése kapcsán fellépő félelmeinken. Így van ez a műszaki gyakorlatban is! Az alapkérdés azonban ebben az esetben, hogy hol, milyen hiba és milyen terhelés hatására „mozdult meg” és mikor, milyen körülmények között éri el a kritikus méretét, azaz mikor következik be a folyamatos repedésterjedés. Mindezekre választ kaphatunk, ha egy mérnöki szerkezetet törésig terhelünk, miközben rögzítjük az akusztikus jeleket, amelyeket a folyamat gerjeszt. Pór Gábor szerzőtársaival egy nagyobb vizsgálat-sorozat eredményeit foglalja össze, keresvén az AE jelek információtartalmának mélységét és korlátait. Ezt a kettősséget tükrözi a „A hajdúszoboszlói tartályfelszakítási AE mérések” c. előadásának alcíme is: Merre tovább: segít-e az akusztikus emisszió a tartályvizsgálatokban?

Az előadásokat, azok tartalmát, a fejlődési irányokat

az ugyancsak hazai tulajdonú KE-TECH³ járult hozzá. Nem szabad azonban elfelejtenünk az ezüst fokozatú támogatókról sem. Ezek között találhatjuk a már említett HELLING NDT magyar képviselőjét és a VOLVID Zrt.⁴-t. Ez utóbbi is teljes egészében magyar tulajdonú vállalkozás. Bronz fokozatú támogató a német székhelyű MR (Moderne Risserkennung) Chemie NDT volt, amelyet Klaus Reichow (1935. január 19. - 2019 március 10.) alapított 1971-ben.

A XI. RAKK kapcsán folytatott beszélgetések is két TÉNYT erősítettek meg. Az egyik; a magyar tulajdonú cégek száma, tőkeereje fokozatosan növekszik és ezzel kellő, biztonságos alapot nyújtanak a hazai nagyberuházásokhoz, és a mérnöki szerkezetek biztonságos üzemeltethetőségi feltételeihez kötődő állapotellenőrzésekhez. A másik – ugyancsak valós – tény az, hogy az EU-ban egyesült piacból csak folyamatos és magas szintű képzés megvalósításával,



még hosszan lehetne értékelni. A részleteket csak a helyszínen lehet és kell feldolgozni, amelynek elengedhetetlen közege a baráti beszélgetés, a jó légkör és finom ételek-italok is; egyetlen szóval, bankett. Ennek anyagi háttérének megteremtésében „oroslán-szerepet” vállaltak a szponzorok és kiállítók. A konferencia egy-egy kellemes pillanatait kiváló fényképek örökítették meg Thaler Tamás „szemüvegén át nézve” ezek a konferencia már említett honlapján megtalálhatók.

A XI. RAKK kiragadott kellemes pillanatainak fedezetéhez platina fokozatú támogatóként az OSERIX¹, a magyar tulajdonú IZOTOP² (Izotóp Intézet Kft.) és

mindennapossá tételével lehet nagyobb szeletet kihasítani hazai szakembereikkel. Ennek előfeltétele az új, fiatal generáció minél szélesebb körű bevonása, ami csak úgy valósítható meg, ha már egyetemi szinten is erőteljesebb hangsúlyt kap a roncsolásmentes vizsgálatok alapjainak és módszereinek oktatása. E témakört a XI. RAKK résztvevői többszörösen körbejárták és arra a következtetésre jutottak, hogy „a helyben járást abba kell hagyni”!

Dr. Tóth László
egyetemi tanár

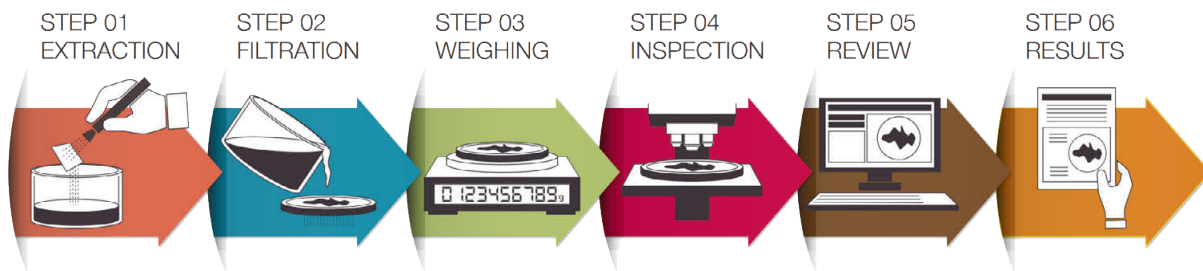
¹ <https://www.oserix.com/>

² http://www.izotop.hu/?page_id=7

³ <http://www.ketech.hu/>

⁴ <https://www.volvid.hu/>

Turnkey Solution for Technical Cleanliness Inspection



Standard process for cleanliness inspection: preparation (steps 1 — 3) and investigation (steps 4 — 6)

Reliable

Seamlessly integrated hardware and software result in a durable, high-throughput system that delivers reliable and accurate data.

Intuitive

Dedicated, easy-to-use touch screen based workflows minimize user action and provide reliable data — independent of the operator and experience level.

Fast

All-in-One scan on a 47mm diameter filter well under 2 minutes; Counted and sorted particles are displayed live while powerful, easy-to-use tools make it easy to revise inspection data.

Compliant

One-click reporting; Integrated standards (e.g. VDA19, ISO16232)

Distributed in Hungary by:

UNICAM



Thermo Scientific:

AA, ICP-OES és ICP-MS spektrométerek
ED-XRF készülékek
Kompakt NMR spektrométerek
UV/látható spektrométerek
Automata fotometriás analizátorok
C, H, N, S, O elemanalizátor
FTIR, Raman és NIR spektrométerek, mikroszkópok
Hordozható Raman, NIR és XRF spektrométerek
GC, kvadrupol GC/MS és GC/MS/MS
Automatizált SPE és ASE mintaelőkészítők
HPLC, UHPLC, nano-LC
Kvadrupol és ioncsapdás LC/MS
Orbitrap hibrid HR/AM LC/MS és GC/MS
Ionkromatográfok
Kromatográfiás oszlopok, kiegészítők és fogyóanyagok

Thermo
S C I E N T I F I C
D I S T R I B U T O R



Olympus:

Mikroszkópok

OLYMPUS
Your Vision, Our Future

Hitachi:

Elektronmikroszkópok

HITACHI

PS Analytical:

Atomfluoreszcenciás Hg, As, Se, stb. analizátorok

Trace Elemental Instruments:

TOC, TN, TS, TX, AOX meghatározók

HunterLab:

Színmérő készülékek

Peak Scientific:

Gázgenerátorok

iX Cameras:

Nagysebességű kamerák

