

„A magyar tudományos kutatás kiemelkedő eredményei a rendszerváltástól napjainkig (1989-2019)” a gépészmérnöki- és anyagtudományok területén

Az elmúlt három évtized magyar vonatkozású tudományos kutatása a szakterületen elsősorban hazai kutatóintézetekben és egyetemi tanszékeken működő kutatócsoportokhoz és tudományos iskolákhoz, valamint ezek nemzetközi együttműködéseire köthető, miközben az időszak második felében megjelentek az ipar kutató-fejlesztő osztályainak eredményei is.

1. Kiemelkedő eredmények a gépészmérnöki tudományok területén

A gépészmérnöki szakterület tudományos kutatási eredményei több szempont szerint is csoportosíthatók, akár a kutatás természettudományi háttérének megfelelően, akár a kutatás alkalmazási területe szerint. Követve a műszaki tudományoknak azt a kitüntetett szerepét, amellyel közvetítik a természettudományi kutatási eredményeket gyakorlati alkalmazások irányába, az alábbi csoportosítás az alkalmazási területek szerint említi az eredményeket.

1.1. Áramlástan kutatások

1.1.1. Szivattyúk és ventilátorok tervezési módszerei

A számítástechnikai módszerek rohamos fejlődése lehetővé tette, hogy egyre pontosabban és valóságűbben jósoljuk meg a gépekben lezajló áramlástan folyamatokat, így jobb hatásfokú és kisebb zajkibocsátású áramlástan gépeket tervezünk [1]. A sokoldalúan fejlesztett hidrodinamikai szingularitások módszere lehetővé teszi jó hatásfokú, így kis környezeti terhelésű szivattyúk és ventilátorok előzetes tervezését. Ezt követően a mai korszerű numerikus áramlástan módszerekkel, illetve mérés technika segítségével versenyképes gépek megalkotása válik lehetővé. A méretezési módszer segítségével megtervezett szivattyúk megfelelhetnek az EU 547/2012 (minimum efficiency index, MEI=0,4), ventilátorok pedig a EU 327/2011 minősítési előírásainak.

1.1.2. Csőhálózatok

A csőhálózatok a szó szoros értelmében átszövik mindennapjainkat, a modern nagyvárosok nélkülözhetetlen infrastruktúráját alkotják. Az ivóvíz- és csatornahálózatok, a kőolaj- és földgáz távvezetékek, távfűtő- és tűzoltó rendszerek, vagy a vegyipari üzemek csővezetékrendszerei komplex hálózatokat alkotnak, melyek tervezése és üzemeltetése manapság elképzelhetetlen számítástechnikai támogatás nélkül. Nagyvárosok (Budapest, Debrecen, Pécs) ellátó rendszereinek üzemvitele, erőművek (Paks, Százhalombatta, Pécs, stb.) csővezeték rendszereit még havária esetén is üzembiztosan kell működtetnünk. A BME kutatói olyan szimulációs eszközöket fejlesztettek, melyek alkalmasak ezen folyamatok követésére és előrejelzésére, az üzembiztonság növelésére és a jó minőségű ivóvízzel ellátott területek növelésére [2]. Így például meghatározhatók azok a kritikus csőszakaszok, melyek kiesése (például csőtörés miatt) a legnagyobb kárt okozzák.

1.1.3. Hemodinamikai kutatások

A véráramlástan kutatások szoros együttműködésben folynak orvosi partnerekkel, neoradiológusokkal, kardiológusokkal, érsebészekkel [3]. Sok szív- és érrendszeri betegség kialakulásában szerepet játszik a hemodinamika. A kutatások két fő csoportra oszthatók. Az egydimenziós megközelítésben a teljes artériás rendszert szimuláljuk és a pulzushullám terjedését követjük. Ez a módszer például alkalmazható számítással támogatott neminvaszív centrális vérnyomásmérésre (azaz a szív közelében uralkodó vérnyomást a karokon-lábakon mért neminvaszív vérnyomásból számítjuk), vagy a nyaki verőér szűkületének agyi vérellátására gyakorolt hatásának vizsgálatára. A másik megközelítésben egy kisebb érszakaszt háromdimenziósan, részletesen szimuláljuk. Ezt agyi és hasi aneurizmák (kóros értágulatok) áramlásvizsgálatára

alkalmazzuk. Itt az aneurizmák kialakulásának okaira illetve a kezelések hatásaira következtethetünk. Agyi aneurizmák esetén a leggyakoribb kezelés az endovaszkuláris áramlásmódosító sztent.

1.1.4. Öngerjesztett áramlási lengések

Gyakorlati áramlásokban sokszor előfordul, hogy állandósult rááramlás ellenére periodikus lengések alakulnak ki. Ezek a lengések néha hasznosak, például fúvós hangszerek vagy bizonyos mérőműszerek esetén. Az esetek többségében azonban az áramlási lengések inkább károsak és zajkibocsátáshoz, rezgésekhez, időnként törésekhez is vezethetnek. A járműiparban ezek elkerülése létfontosságú [4]. A komplex jelenségeket modern matematikai módszerekkel modellezzük. Hasonló matematikai módszereket alkalmazva kidolgozásra került egy áramlási ellenállást csökkentő bevonat koncepcióját.

1.1.5. Prizmatikus testek körüli áramlások

A levegő- vagy folyadékáramlásba helyezett, nem áramvonalas testekről vagy szerkezetekről periodikusan leváló örvények a szerkezet meghibásodásához vezető nagy amplitúdójú rezgést idézhetnek elő. A leváló örvények a hőcserélők zajos üzemét is okozhatják, de ugyanakkor fokozhatják a test és a körülötte áramló közeg közötti hőátadást. Kutatóink több mint két évtizede foglalkoznak sikeresen a prizmatikus testek (főleg körhenger) körüli áramlások, valamint a testre ható erők numerikus és kísérleti vizsgálatával álló, mechanikusan rezgetett, vagy a rugalmasan felfüggesztett test esetén [5]. Ugyancsak jelentős eredményeket értek el az áramlásba helyezett álló vagy rezgő henger és a folyadék közötti hőátadás vizsgálata területén.

1.1.6. Turbulencia jelenségek

E csoportba sorolható alábbi három kutatási területet összekapcsolja, hogy mindegyike sikeres nemzetközi együttműködés témája is volt [6]. Az első terület magának a turbulencia jelenségének a kutatása. A számos turbulenciamodell mellett kifejlesztett új sztochasztikus turbulenciamodell és annak többágú továbbfejlesztése, kiegészítése az utóbbi két évtized jelentős eredményének tekinthető. A modell validálásához kifejlesztett mérési eljárások további sikert jelentenek. Az áramlás turbulenciájának beállítása modellmérések során (például szélcsatornában) szintén kihívást jelentő feladat. A kifejlesztett külső energiaforrást nem tartalmazó aktív turbulenciagenerátorok e területen jelentős előrelépésnek tekinthetők. A számítástechnika fejlődésével vált lehetővé az áramlás- és hőtechnikai folyamatok numerikus szimulációjának összekapcsolása matematikai optimáló eljárásokkal. E területen kifejlesztett komplex módszer sikerrel került alkalmazásra legkülönfélébb feladatokra, mint például csővezetékek optimális kialakításának, dobszárító üzemének és üzemcsarnok szellőzésének optimalására.

1.2. Energetikai kutatások

1.2.1. Atomenergia

Elsősorban a paksi atomerőművel kapcsolatos kutatásokat mutatjuk be [7], bár eredmények születtek a leendő 4. generációs atomerőművekkel kapcsolatban is, ezek hasznosulása azonban még várat magára.

A paksi blokkok indulása után főképp a csernobili katasztrófa, majd a politikai környezet változása miatt egy sor új biztonsági követelménynek kellett megfelelni. Mindenekelőtt értékelni kellett a biztonságot, felhasználva azt a tudást, amelyet a hazai kutatások és nemzetközi együttműködések során felhalmoztunk. Európában, a szovjet gyártmányú atomerőművi blokkokat üzemeltető országok közül Magyarország volt az egyetlen, amely az értékelés feladatát magára vállalta. A projekt eredményeképpen egy sor biztonságnövelő kutatás-fejlesztési feladatot kellett megoldani. Ennek a tevékenységnek köszönhető, hogy Magyarország EU csatlakozási tárgyalásai során

semmilyen gond nem merült fel abban a tekintetben, hogy a paksi blokkok az EU-n belül tovább üzemelhessenek.

Az első gyakorlati siker volt VERONA zónamonиторozó rendszer kifejlesztése és a teljesléptékű szimulátor fejlesztéshez való hozzájárulás. A sikerek között említjük ZR-6 kritikus rendszeren végzett mérések bázisán létrejött KARATE és a KIKO3D számítógépi programrendszereket, amelyek hitelesen modellezik a VVER-típusú reaktorokban végbemenő reaktorfizikai folyamatokat. A reaktorfizikai és termohidraulikai kutatások és mérésekkel is hitelesített kódfejlesztések képezték az egyre korszerűbb fűtőelem-típusok hazai bevezetésének, engedélyeztetésének alapját, s fontos szerepük volt a reaktorok teljesítményének növelésében. A nemzetközi együttműködés lehetőségeit kihasználva kidolgoztuk a VVER reaktorok súlyos baleseti elemzéseinek metodikáját. A hazai kutatások alapján igazolható volt, hogy a 30 évre tervezett reaktor tartályok akár 50 évig megbízhatóan működni fognak. A biztonság megítéléséhez szükség volt annak modellezésére is, hogy milyen sugárzási következményekkel jár, ha radioaktív anyagok mégis kikerülnek a környezetbe. A kifejlesztett SINAC légköri terjedésszámító program hű képet ad a várható sugárzási következményekről. Fontos fejlesztések történtek a Monte Carlo módszerek reaktorteknikai alkalmazásai, a paksi blokkok majdani leszereléséhez szükséges mérnöki feladatokra való felkészülés, különösen a reaktoranyagok felaktiválódásának számítása és a nukleáris üzemanyagciklus zárásának vizsgálata területén. A BME Oktatóreaktora 1971 óta fontos, nemzetközileg is jegyzett központja a nukleáris szakember-képzésnek.

A valószínűségi elemzések hatékonyan egészítették ki a folyamatok determinisztikus szimulációját az atomerőművi blokkok üzemeltetéséből származó kockázatának értékelésekor.

A paksi atomerőmű telephelyén a földrengés-biztonsági kutatások keretében ellenőrizni kellett az alapvető biztonsági funkciók megvalósításához szükséges épületek és rendszerek integritásának, működőképességének megmaradását. A földrengés-biztonság növelését szolgáló intézkedések volumene és komplexitása egyedülálló a nemzetközi gyakorlatban. Több mint 25 éve üzemel a kifejlesztett, és az atomerőmű körül telepített mikroszeizmikus mérőrendszer.

Mindezeknek a kutatásoknak az eredményei nagymértékben hasznosultak többek között a fűtőelemtípus többszöri modernizálása, a blokkok teljesítményének növelése, a 2003-ban bekövetkezett üzemzavar következményeinek felszámolása, a blokkok üzemidejének 30 évről 50 évre történő meghosszabbítása, a súlyos balesetek kezelése terén, és a fukusimai baleset tanulságainak érvényesítése során.

1.2.2. Megújuló energiaforrások

A megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos kutatások jelentős fejlődésnek indultak az utóbbi három évtizedes időszakban, nagyszámú és szerteágazó eredmények láttak napvilágot, melyek közül az adott keretek között az alábbiakat emeltük ki [8].

A hazai kisméretű hálózatok megújuló energia befogadóképességét elemző és felmérő kutatások eredményeit az EoN már közvetlenül alkalmazza. A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) már egy évtizede hasznosítja azokat a méréseket, melyeket kutatóink a hazai villamos energia ellátás feszültség minőségének és az ellátás megbízhatóságának megítélésére végeztek.

A napenergia hasznosításával, annak alkalmazási lehetőségeivel foglalkozó kutatások között említjük azt az integrált napenergiás energetikai-technológiai koncepció kidolgozását, továbbá új típusú napelemek kifejlesztését és azok alkalmazhatóságának kiterjesztését elemző vizsgálatokat. Ebbe a fejlesztési irányba sorolható eredményeket értek el azok a kutatások is, amelyekkel napelemes rendszerek teljesítményét lehet előre jelezni egy adott időszakon belül, illetve elemezték ezen előrejelzések megbízhatósági szintjeit, illetve feltárták a napenergia passzív hasznosítási lehetőségeit. Megvizsgálták a napenergia fotoszintetikus elven történő alkalmazását, és a napenergia hűtésre történő hasznosítási lehetőségeit, utóbbihoz mintarendszert valósítottak meg.

A magyarországi szélerőmű telepítési feltételek meghatározását kutatóink különböző mérési eljárások kidolgozásával támogatták. A hulladékhasznosítással kapcsolatban kidolgozták a pirolízis

technika korszerű eljárásait és ezekhez mintaberendezéseket is fejlesztettek. Kutatási eredmények vezettek a termárfluidum visszasajtolás feltételrendszerének meghatározásához homokkő termőrétegekben. Mintarendszer készült a CO₂ hűtőközegű hűtés hatékonyságnövelési lehetőségeinek feltárására.

1.2.3. Távhőellátás

A távhőellátó rendszerekkel kapcsolatos kutatások Magyarországon értelemszerűen meghatározóak maradtak az elmúlt három évtizedben [9]. Az ilyen rendszerek létesítésének és üzemeltetésének kockázati elvű méretezése valószínűségelméleti modellekkel és a diszkrét dinamikus programozás felhasználásával történt, a méretezés célfüggvénye pedig a gazdasági optimum. A méretezés sarokpontjait jelentő hőigényeket és tartamdiagramokat valószínűségi változókkal és a többváltozós regresszió analízis módszerével írják le. A kutatások eredményeiként megjelent új tervezési eszközök az energetikában és az épületgépészetben mind Magyarországon, mind külföldön általános figyelmet keltettek, alkalmazzák őket, polgárjogot nyertek.

1.2.4. Megújuló és alternatív tüzelőanyagok

A CO₂ kibocsátási célok elérése érdekében, a környezetterhelés csökkentése és a fenntarthatóság szempontjából az egész világon megkérdőjelezhetetlen a tüzelőanyagok szerepe [10]. A belsőégésű motorok területén számos tüzelőanyag felhasználhatóságával kapcsolatos kutatási eredmény kapcsolódik például a metanol, etanol, *n*-butanol és a HVO tüzelőanyagokhoz. Számos nyers, illetve észterezett növényi olaj felhasználási és tüzelési tulajdonsága került feltérképezésre, például repceolaj, krotonolaj, kókuszolaj, jatrophalaj és baobabolaj. A megújuló tüzelőanyagokat a repülőipar is elkezdte bevezetni a közelmúltban, így a gázturbinás alkalmazás is előtérbe került. Ehhez kapcsolódóan egy új tüzelési koncepciót fejlesztettünk ki, mellyel a károsanyag kibocsátás mintegy 80%-kal csökkenthető.

1.3. Gépszerkezettani kutatások

1.3.1. Tribológia

A szilárd testek egymáson való elcsúszásakor a felületek között lejátszódó fizikai-kémiai folyamatokkal, azaz a súrlódással, kenéssel és kopással a tribológia tudománya foglalkozik. A Tribológiai fejlesztéseket a növekvő élettartam, a megbízhatóság és kopásállóság indokolja. Például a felületek minősége, annak ellenőrzése, az érintkezési viselkedés leírása új szemléletet követelt. Kutatóhelyeink egymást kiegészítve, hazai és nemzetközi szerződések keretében végeztek kiemelkedő jelentőségű kutatásokat a felületek topográfiájának és anyagtörvényének megismerésével, a súrlódás és kenés numerikus szimulációjával, valamint a kopás modellezésével kapcsolatban [11].

A felületi mikrogeometria (érdesség, hullámosság) és mikrotopográfia mérés- és kiértékelés technikájának, valamint a felület jellemzésének fejlesztése két szakterülethez kapcsolódott az elmúlt évtizedekben. Egyrészt támogatta a tribológiai viselkedés feltárására irányuló numerikus modellek pontosítását valós, működő műszaki felületek modellekbe integrálásával, ahol a kapott eredmények fékmunkahengerek, vasúti fékek, tengelykapcsolók, differenciálművek megbízhatóbb működését segítették, másrészt a forgácsolt felületek topografikus jellemzésével a forgácsolási folyamatok értékelése, a szerszámkopás nyomon követése révén az élgeometria-változás hatásának vizsgálati eszközét, majd a folyamat optimalizálását jelentette a felületi érdesség elemzése.

A gumi-szerű anyagból készült szerkezeti elemekhez kapcsolódó, nemzetközi együttműködés keretében végzett hazai kutatások elsősorban a súrlódási erő/kopás várható értékének számításával történő előrejelzésére, a csúszó súrlódás okainak és következményeinek megértésére, súrlódás, illetve kopás csökkentő/növelő felületi mintázatok tervezésére koncentráltak.

1.3.2. Integrált számítógépes tervezés

Az elmúlt 30 évben a gépek és gépszerkezetek tervezése jelentős mértékben felgyorsult [12]. Elterjedtek az integrált tervezést és mérnöki szimulációt magukba foglaló számítógépes rendszerek, a parametrikus, 3 dimenziós tervező szoftverek megjelenése paradigmaváltást hozott. Kutatóink meghatározó szerepet játszottak a 3D-s tervezési metodika fejlesztésében és alkalmazásában, és részben ezek eredményeként a North American Bus Industries (NABI) városi autóbuszainál már alkalmazta a teljes körű 3D-s CAD tervezést. Jelenleg is aktív kutatási és publikációs tevékenység folyik a fúziós energiatermelés témakörében; kooperációban olyan projektekben dolgoznak 3D-s tervező kutatóink, mint az IFMIS-DONES neutronforrás építése.

1.3.3. Szerszámgépek

A világtendenciákkal összhangban a géprendszerek tervezése új alapokra került. A mozgásinformációk leképezési elméletének fejlesztésére és alkalmazására, továbbá a kombinatorikus tervezési koncepció alapuló gépstruktúrák fejlesztésére került sor szerszámgépek és szerszámgép részegységekre vonatkozóan [13]. Elkészült egy új centrifugális erőkre kiegyensúlyozott és egy automatikus pofaléptetésű tokmány család. Golyósorsók gyártásához új technológia született. A kutatások új köszörűgép konstrukciókhoz vezettek, melyeket német cégek alkalmaztak. Kifejlesztésre került egy új sokszögkörösű, és egy új indítómotor. illetve egy szuperfiniselő berendezés, amely a Forma 1 versenyautók kerékcsapágyainak készre munkálását végzi. Ez utóbbi berendezéshez és a szíjhajtások számításaihoz kidolgozásra került a fázisgörbék feletti linearizálás módszere, amit nemzetközi viszonylatban is elismert tudományos eredményként tartanak számon a nemlineáris dinamikában.

1.3.4. Közúti és vasúti járművek

A járművek tervezéséhez kapcsolódó kutatások két fő területre bomlanak [14]. A közúti járművek vázszerkezeteinek élettartam kérdéseiben elért új tudományos eredmények közül kiemelhető a terhelések kategorizálása, extrém feszültségek elméletének kidolgozása, valószínűségelmélet módszereinek alkalmazása, tönkremeneteli módok definiálása, négy szintű elemzés bevezetése, élettartam, megbízhatóság, törési valószínűség definiálása, tervezés során történő alkalmazása. Az autóbuszok passzív biztonságának fejlesztésében elért új tudományos eredmények közé tartozik a képlékeny csuklók definiálása, fajtáinak azonosítása, viselkedésük matematikai leírása, ütközési energiák tervezett elnyelése a szerkezetben, túlélési tér definiálása eltérő baleseti szituációknál, busz baleseti adatok gyűjtése, matematikai statisztika módszerével való kiértékelése, buszbalesetek kategorizálása.

Az évtizedekre visszamenő kutatómunka eredményként kialakultak azok a nemlineáris és sztochasztikus modellstruktúrák továbbá numerikus szimulációs módszerek és az azokat megvalósító szoftverek, amelyek alapvető adatokat szolgáltatnak a járműkonstrukción, a járműfenntartási és a járműüzemeltetési alkalmazásokhoz. Ilyen sikeres kutatási eredmények a vasúti kerék- és sínkopási folyamat előrejelzése adott járműsokaság, adott pályatopológia és adott üzemeltetés-jellemző valószínűségek figyelembevételével; a vasúti kerékfékezés súrlódási és kopási feladatainak szimulációs úton való vizsgálatára alkalmas módszer kimunkálása, a nagy hőmérsékleten megvalósuló érintkezési folyamat károsító hatását azonosító feltételek meghatározása; a fékezett járműkerék blokkolását és az ebből adódó keréklaposodást kizáró, dinamikai szimulációra támaszkodó digitális szabályozó rendszer kialakítása.

1.3.5. Hajtóművek és hajtások

A különböző hajtóművek és hajtások kutatása klasszikusnak számító, de folyamatos fejlődést mutató szakterület, melynek kutatása elengedhetetlen része a gépszerkezetek vizsgálatának [15]. A hullámhajtómű egy bolygómmű változat, működésének alapja a testek rugalmas alakváltozása. A nagy áttételre, a jelentős térfogat és tömeg megtakarításra tekintettel elsősorban az űr- és a haditechnika, a repülőgépek, a robotok és a szerszámgépek gyártói alkalmazzák. A fogaskerék-hullámhajtóművel

foglalkozó kutatóink vizsgálatai alapján a fejlesztők a győri REKARD részére hullámhajtómű családot terveztek, amit a vállalat forgalmazott. A fogaskerék-bolygóművek foghossz menti terhelés-eloszlásának és a bolygókerekek közötti terhelés szétosztásának (egyenlőtlenességi és koncentráció tényezők) befejező értékelése a geometriai méretek csökkentése szempontjából került vizsgálatra.

Hengeres fogaskerekek, íveltfogú kúpkerékek és hipoid fogaskerekek fogfelületének optimális módosításával kutatóink a fogaskerekek szilárdságának növelését és a kenési feltételek javítását érték el. Az optimális módosítások megvalósítása hatszabadságfokú, CNC fogazógépek alkalmazásával történt. A fogaskerékpárok rezgést gerjesztő forrásának kutatása a hibridhajtások zajcsökkentésében játszott kulcsszerepet.

1.3.6. A géptervezés interdiszciplináris kutatási területei

A tervezési módszerek kutatása számos olyan interdiszciplináris szakterületet érint, melyek klasszikus értelemben nem szerepeltek a gépszerkezettan diszciplinái között, az elmúlt évtizedekben azonban a kutatók érdeklődése értelemszerűen ezek felé az új irányok felé fordult. Ezekből emelünk most itt ki hármat [16].

Nemzetközileg is jelentős kutatási eredmények születtek a teherviselő hibrid (polimer-fém) szerkezetek méretezési elvei és módszerei témában. Előtérbe került a kettős-szempontú méretezés, az alakváltozásra és törésre való ellenőrzés. A polimertechnikában új ellenőrzési módszerek kerültek bevezetésre, mint a mikrorepedések feltárása ultrahangos technikával és/vagy akusztikus emisszióval.

A biomechanika, mint a multi-diszciplinaritás elvén felépülő tudományterület, integrálja mindazokat az elméleti (biológia, kémia, mechanika, matematika) és gyakorlati (géptervezés, gyártástechnológia, anyagtan, szabályozástechnika) eljárásokat, amelyek segítenek megérteni, modellezni és szükség esetén kijavítani vagy pótolni a megbetegedett szerveket, akár autonóm működésre képes, egyénre szabott módon gyártható elemekkel, építve a robottechnikában rejlő gyógyászati lehetőségekre is. Mindehhez szükség van a pontos anyagjellemzők, a valós terhelések ismertetése és modellezésére. Kutatóink számos, egymásra épülő eredménye megjelenik a kis- és nagyízületi, fém vagy polimer anyagú implantációk, a fogászati, valamint koponya lemezek pótlásai kapcsán kialakított termékekben.

Az optika egy speciális kutatási területén kidolgozásra került egy műszaki optikai eljárás az emberiség férfi lakosságának 8%-át érintő, mintegy 100 foglalkozás folytatását akadályozó és az általános életminőséget rontó színtévesztés színszűrős szemüvegekkel történő korrigálására. A megoldás a világ legtöbb országában szabadalmaztatásra került és két magyar vállalat megkezdte a világszinten való terjesztését. Kidolgozásra kerültek a színtévesztés diagnosztizálására és a megfelelő színszűrős szemüvegek kiválasztására szolgáló eljárások és berendezések is.

Szintén szabadalmaztatásra került egy másik, optikához kapcsolódó kutatási eredmény, az önvezető autókénál és a hibrid közlekedésben egyaránt alkalmazható proporcionális féklámpa, amely a mögöttes forgalom számára optikai jelzést ad a jármű foronómiai jellemzőiről (sebesség, gyorsulás). A megoldással a ráfutásos balesetek és az indokoltnál erősebb fékezések miatti dugók kialakulásának csökkenése következik be.

2. Kiemelkedő eredmények az anyagtudományok területén

Az anyagtudomány messzemenően épít a természettudományok által megalkotott törvényekre, nevezetesen a matematika elveire, a fizika, a kémia és a fizikai kémia törvényszerűségeire. Az anyagtudomány feladata, hogy összekapcsolja az alapvető felfedezések, elméleti eredmények körét az anyagok alkalmazhatóságának követelményével és a megoldást a technológia felé irányítsa. Az anyagtudománynak az anyagelőállítás, az anyagfeldolgozás és újrahasznosítás mindenkorai lehetőségeit kell tükröznie. Ez teszi lehetővé az anyagok és az előállítási, feldolgozási technológiájuk

együttes fejlesztését. Ha a „mikro szerszámban” megtestesülő természettudományos ismereteink megbízhatóak, akkor joggal remélhetjük, hogy anyagaink tulajdonságait megtervezhetjük, és ha megfelelő eszközök állnak rendelkezésünkre, akkor módunkban áll a sokszor igen összetett technológiai folyamatot előre „lejátszani”, annak eredményes vagy eredménytelen voltáról meggyőződni. Ez utóbbi valósul meg az anyagtechnológiai folyamatok modellezése, szimulációja során. A XX. század közepén önállósodott anyagtudomány az elmúlt 30 évben már nemcsak a társtudományok által felismert törvényszerűségekre épít, hanem önmaga is aktív az új természettörvények felismerésében és bizonyításában.

Az anyagtudomány „kijáratá” a technológia, azoknak az eljárásoknak a tudománya és gyakorlata, amelyeknek segítségével a természet nyersanyagai és a féltermékek emberi felhasználásra alkalmassá vagy alkalmasabbá tehetők.

A műszaki anyagtudomány feladata a társadalom által megfogalmazott műszaki és gazdasági igények minél magasabb szintű kielégítése a szerkezeti és funkcionális anyagok területén. A műszaki anyagtudomány a megoldást négy anyagcsoporton belül keresi, nevezetesen a fémek, a polimerek, a kerámiák és a társított anyagok (kompozitok) világában. Részben ez is tükröződik a kutatási eredmények alábbi csoportosításában.

2.1. Műszaki anyagtudományi kutatások

2.1.1. Félvezetők, nanoanyagok és nanotechnológiák

Az elmúlt időszakban a műszaki anyagtudomány hazai fejlődésében kiemelkedő szerepet játszottak a vékonyréteg kutatások, az atomi felbontású elektronmikroszkópia, az IR LED (infrared light-emitting diode) vegyület félvezető eszközök, a szilícium alapú mikroérzékelők kutatása, fejlesztése, miközben a nanotudomány, kompozit kerámiák területén folyó kutatások a nemzetközi élvonalba tartoznak [17].

Kutatóink a szilícium, mint mikrogépészeti alapanyag alkalmazását a pórusos szilícium oxidációs eljárásának tökéletesítésével érték el, ami számos európai projektben jutott el érzékelő és napelem alkalmazásokig. Az elsősorban magashőmérsékletű elektronikai alapanyagaként és a LED technológia szubsztrátumaként használt szilíciumkarbid előállítás területén szintén tekintélyes nemzetközi visszhangot váltott ki a szilícium termikus oxidációs eljárásának úttörő fejlesztése. Elsősorban az Atomai Rétegleválasztási technológia hazai meghonosítása tette lehetővé a sikeres bekapcsolódást a vékonyréteg napelem technológiai fejlesztésekbe. Új irányokat honosított meg a ZnO nanoszerkezetek (2D és 1D) kontrollált nedveskémiai növesztése, ami ígéretesnek tűnik a nanoszál lézerektől kezdve, a hibrid napelemeken át egészen a piezoelektromos nanogenerátorokig. A szén nanoszerkezetek kutatásának evolúciója a dimenzionalitás skáláját fordított irányban járta be: elsőként a 0 dimenziós fullerének kutatása került a középpontba, majd az 1D szén nanocsövek következtek, végül a kétdimenziós anyagok, köztük elsőként a grafén. A grafén kutatásában kidolgoztak egy új eljárást, amely mind a mai napig a legpontosabb nanomegmunkálási módszer grafén nanoszerkezetek kialakítására. Először sikerült a grafén nanoszalagok tiltott sávját tervezetten hangolni a 0-0.5 eV tartományban, és ún. cikk-cakk élorientációval rendelkező szalagokon stabil mágneses rendet létrehozni a szalagok élein szobahőmérsékleten. Megmutatták, hogy a belőlük felépülő 2D térvezérlésű tranzisztor hagyományos elektronikai eszközeinknél gyorsabban kapcsolható, valamint a töltés és a spin-áram vezérlésére egyaránt alkalmas.

A vékonyrétegek kialakulásának kutatásában alapvető újítást jelentett a kémiailag sokszor inhomogén mintákból a réteg síkjára merőleges, az elektronmikroszkópos vizsgálat összes lehetőségét kihasználhatóvá tevő vékony metszet elkészítése. Erre nyújtott unikális lehetőséget a kidolgozott ionsugaras módszer. A magyar kutatók ezzel a lehetőséggel és a rendelkezésre álló elektronmikroszkópos háttérrel a vékonyréteg-kutatás élvonalába léptek és ki tudták dolgozni az egyfázisú és kis mennyiségű második fázist is tartalmazó vékonyrétegek növekedési zónadiagramját, elkülönítve az alapfolyamatokat és a szennyezések okozta hatásokat. A kutatók jelentős

eredményeket értek el a félvezető vékonyrétegek és kontaktus-rétegek kutatása, valamint a vékonyréteg szilárdfázisú reakciók területén. A két- és sok-komponensű rétegek növekedési mechanizmusának feltárása lehetőséget ígér nagy entrópiájú ötvözetekből könnyű és nagyon erős fémek előállítására, vagy teljesen új tulajdonságokkal rendelkező, kétdimenziós félvezetőkből épített mikroelektronikai eszközök létrehozására.

A magyar kutatók nemzetközi együttműködésben folytatták vákuumpárologtatással fázisképző Al-átmeneti fém párosok intermetallikus fázisainak valamint gyorsított anyagok QC és stabil fázisainak előállítását. Megállapították, hogy a határrétegeken és felületeken lejátszódó folyamatok modellezhetők vékonyrétegekkel, 2D nano anyagokkal. Háromféle új, nano-, kvázikristályos és kristályos intermetallikus fázist előállító, vákuumpárologtatás és hőkezelés kombinációira épülő kísérleti eljárást vezettek be. Bemutatták, hogy a folyamatok a nagy felület/térfogat aránnyal és nagy metastabilitással jellemezhető vékonyrétegek esetében sok hasonlóságot mutatnak.

Bolygó malomban végzett őrlési feladatok elemzésével egy általános érvényű őrlési modell alapján megvalósíthatóvá vált az optimális malombeállítás, az őrlés hatékonyságát növelő munkavégzés.

A hazai kutatók a különleges tulajdonságú lágymágneses anyagok (gyorsítottal előállított fémüveg szalagok) kutatása és alkalmazása terén is értek el jelentős eredményeket. Egy új mérési elven alapuló nagy érzékenységgű mágneses térmérő eszközt fejlesztettek ki, amelynek érzékelője egy megfelelő fémüveg szalag. Ezt a térmérő szenzort építették be egy örvényáramú elven működő roncsolásmentes anyagvizsgálatot lehetővé tevő mérőfejbe. A fejlesztés azt eredményezte, hogy a piacon lévő eszközöknél sokkal nagyobb érzékenységet és mélységi felbontást lehetett elérni, ha elektromosan vezető anyagban lévő mélyen fekvő és kis méretű hibákat akarunk detektálni. Egy másik kutatási/fejlesztési irány egy olyan mérési eljárás kidolgozása volt, ahol mágneses hiszterézis mérések segítségével roncsolásmentesen lehet a szerkezeti anyagokban bekövetkező kifáradást kimutatni.

Magyar kutatók európai kollégákkal együttműködve kiváló eredményeket értek el újszerű kerámia alapú nanokompozitok fejlesztésében, illetve elsőként publikálták eredményeiket egy új anyagcsoport, az úgynevezett nagyentrópiás karbidok, előállításáról és mechanikai tulajdonságainak vizsgálatáról. Az eredmények kimutatták, hogy a nanoszálakat/nanocsöveket és grafén lemezeket tartalmazó nanokompozitok jelentős mértékben javítják a kerámiák törési szívósságát, elektromos vezetőképességét és súrlódási/koptatási tulajdonságait.

Az elmúlt évtizedekben olyan eljárások fejlődtek ki világszerte, amelyek révén a fémes anyagok intenzív képlékenyalakításával biztosítani lehet az ultrafinomszemcsés szövetszerkezetet. Kutatóink kereskedelmi tisztaságú titánból 10-15 mm átmérőjű ultrafinomszemcsés titánt és alumínium ötvözet rudakat gyártottak ipari körülmények között kaliber hengerlés és rúdhúzás kombinálásával. Magyar kutatók igazolták, hogy a nano-anyagok leírására (amelyek legalább egy olyan anyagrészlet = fázist tartalmaznak, melynek legalább egyik dimenziója 100 nm-nél kisebb) a moláris Gibbs energia képletét egy olyan új taggal kell kiegészíteni, ami a fázis fajlagos felületével (felület/térfogat) arányos és ezen új tagon keresztül kell figyelembe venni a nano-anyagok tulajdonságainak méretfüggését. Ez paradigmaváltást eredményez a kémiát, a biológiát és az anyagtudományt ma uraló nézetekkel szemben, miszerint a nano-hatást nem a fajlagos felület, hanem a görbület okozza. A fajlagos felületet tartalmazó egyenletet általánosítottuk és kiterjesztettük minden olyan esetre, amikor a nano-fázis nem egyedül lebeg az űrben, hanem egyéb fázisokkal van kontaktusban. Innen az is következik, hogy egy nano-fázis tulajdonságait annak környezete is befolyásolja, szemben a mikro- és makro-fázisok tulajdonságaival, melyek méret- és környezet-függetlenek.

2.1.2. Fémötvözetek, társított anyagok és technológiák

A szakterülethez kapcsolódó kutatások számos kiemelkedő összefoglaló könyvhöz, rangos publikációkhoz, szabadalmakhoz, és azok gyakorlati alkalmazásaihoz vezettek [18].

Kutatóink meghatározták a szilárd oldatok kristályosodási folyamatait áramlás-mentes űr körülmények között, valamint forgó és haladó mágneses tér által keltett olvadék áramlás esetében. Kidolgoztak és szabadalmaztattak egy, az indukciós olvadék keverésen alapuló új

szemcsefinomítási eljárást. A kifejlesztett és szabadalmaztatott sokzónás kristályosító berendezés alkalmazásával a neutron diffrakciós eljárásoknál használt ferromágneses „Heusler” vegyület-egy kristályokat készítettek. Lézeres felületkezeléssel új módszert alkalmaztak és szabadalmaztattak homogén monotektikus Al-Pb, Al-Bi ötvözet rétegek előállítására, siklócsapágyak számára. Modellezték a haladó kristályfront és az olvadékban diszpergált szemcsék, cseppek és buborékok kölcsönhatását. Módszert dolgoztak ki a monotektikus ötvözetek kristályosítása során a cseppek mikro- és nano-szemcsékkel való stabilizálására. Új öntéstechnológia eljárást dolgoztak ki sokrétegű hengerelt lemezek gyártására. Cella automata módszerrel szimulálták a szilárdoldatok kristályosodását, a szemcsedurvulást, az acél ausztenitesedését és a képlékeny alakítást követő újrakristályosodást. Módszert dolgoztak ki az „n” alkotós egyensúlyi fázisdiagramok felületeinek egyszerű függvényekkel való leírására. Cu-Zr és Ti alapú ötvözetekből amorf-kristályos kompozitokat állítottak elő: egyrészt olvadékból in-situ módon és olvadékszétválás útján és másrészt szilárd állapotban végbemenő fázisátalakulással nagy energiájú őrléssel.

A kutatók vizsgálták a műszaki alkalmazások területén kiemelt fontosságú martenzites átalakulásoknak különböző aspektusait. Vizsgálataik kiterjedtek a TRIP (transformation-induced plasticity) és TWIP (twinning induced plasticity) hatást mutató ötvözetek keményedési tulajdonságaira, valamint a Cr-tartalom és a termikus ciklizálás hatására. Új eredményeket értek el a mechanikusan indukált átalakulások és a kristálytani textúra kapcsolata terén. Cu alapú alakemlékező ötvözetekben vizsgálták az első ciklus effektust, a termomechanikus kezelések hatását a különböző fázisok stabilitására, illetve NiTi ötvözetekben a hidrosztatikus nyomás hatását a termoelasztikus martenzites átalakulásokra. Ezen túl, CuAlNi ötvözetek esetében kimutatták a bénites fázisátalakulást, valamint az egymást követő termikus ciklikusokban kialakult martenzit variáns szerkezeteket.

A fémhabok lehetnek nyílt- vagy a zártcellás felépítésűek, utóbbiak speciális osztálya a kompozit fémhabok. Alkalmazásuk területei az energiaelnyelés és nyomóterhelésnek kitett szerkezetek. A legfontosabb eredményeket a kompozit fémhabok gyártása, valamint mikroszerkezeti- és mechanikai vizsgálata területén érték el. A kutatás további irányai a (i) mátrixanyagukban is erősített, nagy teherviselő képességű kompozit fémhabok és (ii) egy irányban változó térkitöltést mutató, gradiens kompozit fémhabok fejlesztése és vizsgálata.

Napjainkban a kompozitoknak (társított anyagoknak) a fejlesztése világszerte intenzíven kutatott terület. A fémkompozitokat elsősorban a járműipar, elektronikai ipar alkalmazza, ahol a különböző összetevők szinte végtelen számú kombinációjával alkalmazás orientált, igénybevételre szabott, speciális tulajdonságokat lehet megvalósítani. Kutatásaink során Al, Ti és Mo alapú kerámia részecskékkel erősített fémkompozitok, valamint ón-ezüst-réz alapú forrasz kompozitok fejlesztés valósult meg, és a szövetszerkezet térbeli jellemzői, valamint a tulajdonságok közötti kapcsolat feltárásával érték el eredményeket. A kerámia részecskék felület kezelési eljárását és a megnövelt élettartamú bélyegforrasztó szerszám előállítási technológiáját szabadalmak védik.

2.1.3. Számítógépes tervezés, modellezés, szakértői rendszerek

Az anyagtudományban és anyagtechnológiákban a fejlődés egyik fontos jellemzője volt a számítógéppel támogatott mérnöki tevékenység és a numerikus modellezés térhódítása hazánkban is [19]. A képlékenyalakítás a kezdetektől élenjár a számítógépes tervezési és modellezési módszerek, szakértői rendszerek fejlesztésében és alkalmazásában. A magyar kutatók az autóipar igényeinek kielégítésére kidolgozott technológiai és szerszámtervezési módszerek, szakértői rendszerek, valamint az alakítási folyamatok vége-selemes modellezése területén érték el jelentős eredményeket. E területeken az acél és alumínium lemez alapanyagok autóipari fejlesztése és alkalmazása egyaránt fontos eredményként értékelhető. Jelentős fejlődésen ment keresztül a számítógéppel integrált gyártás is. A kutatók jó hatásfokú, alacsony zajszintű, nagy élettartamú tengelymetszetben ívelt profilú csigahajtás kifejlesztésében vettek részt.

Az országban üzemelő atomerőművi reaktortartályok biztonságának, szerkezeti integritásának igazolása alapvető kérdés volt az üzemidő kiterjesztéséhez. A kifejlesztett szakértői rendszer több

tudományág, illetve szakterület ismeretét és tevékenységét integrálja, amelyek közül a legjelentősebbek a következők: valószínűségi kockázatelemzés, reaktorfizika, termohidraulika, anyagtudomány, törésmechanika. A reaktortartály szerkezeti integritása elemzésének különlegessége a tartályfal gyorsneutron sugárzás következtében megváltozott mechanikai tulajdonságainak (szívós-rideg átmeneti hőmérséklet és szívósság) meghatározása. Az anyagtudománynak ez a területe a mai napig intenzíven kutatott terület, és elsődleges fontosságú a reaktorbiztonság szempontjából. A közel 10 évig tartó, a Paksi Atomerőmű által életre hívott Reaktor Szakértő Testületben került megjelenítésre az a szükséges hazai tudásbázis, ami elengedhetetlen volt a reaktorok üzem idejének meghosszabbításához.

A törési folyamatok anyagszerkezeti vonatkozásainak megismeréséhez kötődő kutatások a törési folyamatok anyagszerkezeti megismerésére és ezen keresztül az ipari alkalmazások bővítésére irányultak. A magyar kutatók a kúszás, a kifáradás élettartam szakaszára, a fáradásos repedés terjedésre, a kisciklusú fáradásra és kúszásra vonatkozóan feltárták az anyagtudományi hátteret. Az ipari alkalmazás széleskörű elterjesztésében pedig a szerkezetek megbízhatóságának értékelése kapcsán a szerkezetek repedésérzékenységi indexének definiálása jelentett új tudományos eredményt.

2.2. Metallurgiai kutatások

2.2.1. Kémiai termodinamikai kutatások

A kutatási eredmények J. W. Gibbs 19. századi tudományos iskolájának továbbfejlesztését jelentik, melyeket több csoportba rendezve összegeztünk [20].

Megállapításra került, hogy a hőmérséklet növelésével fokozatosan gyengül az oldatokban az atomok / molekulák közötti kölcsönhatás, így végtelen hőmérsékletre extrapolálva minden ún. reális oldat (amiben fontos a komponensek kölcsönhatása) ún. ideális oldattá válik (amiben a komponensek kölcsönhatása elhanyagolható). Ezt a peremfeltételt a klasszikusan használt hőmérséklet-függést leíró egyenletek nem elégítik ki. Ezért új típusú egyenletet hoztunk létre, ami alkalmas a nagyhőmérsékletű oldatok korrekelt leírására.

Általános érvényű modellegyenlet került levezetésre a különböző határfelületi energiák hőmérséklet- és koncentrációfüggésére, ami minden határfelület típusra alkalmazható (folyadék/gáz, szilárd/gáz, szilárd/folyadék, folyadék/folyadék, szilárd/szilárd, szemcsehatár). Új, általános érvényű módszereket dolgoztunk ki az 1932-es Butler egyenlet levezetésére a Gibbs féle termodinamikából és ezt kiterjesztve módszert dolgoztunk ki a felületi fázisátalakulás és a negatív határfelületi energiák modellezésére is.

Gibbs és Newton tanainak összekapcsolásával megszületett a határfelületi erők általános modellegyenlete, ami képes reprodukálni az elmúlt 200 évben felfedezett minden határfelületi erő típust és alapot ad azok továbbfejlesztésére. Az új egyenletre alapozva lehet számítógéppel szimulálni az anyagok morfológiájának (= belső mintázatának) időbeni változását. Ezt kihasználva értelmeztük a habok és emulziók szilárd szemcsék által biztosított stabilitását, illetve a sikeres kompozit-gyártás feltételeit. Ezen tudás birtokában továbbfejlesztettünk több anyagcsaládot (a fémmátrixú kompozitokat és a fémhabokat), illetve kifejlesztettünk egy új anyagcsaládot: a szilárd szemcsékkel stabilizált fémemulziókat.

Végül az irodalomban ismert modellekhez képest a kísérleti adatokat jobban reprodukáló modellt alkottak a kutatók a fémolvadékok viszkozitásának hőmérséklet- és koncentráció-függésére.

2.2.2. Acélipari modellszámítások

Az acélipar két technológiát használ az acél gyártására: az integrált acélgyártást és az elektroacélgyártást. Az előbbi esetben vasércből redukálják, majd finomítják a vasat, a másodiknál az acélt tartalmazó berendezések, eszközök gyártása és tönkremenetele során keletkező acélhulladékot dolgozzák fel. Az elektroacélgyártás fajlagos energiaigénye és környezetterhelése

szükségszerűen lényegesen kisebb, hiszen már korábban gyártott acélt használ fel. Az ezredfordulót követően azonban hiányjelenségek lépek fel az acélhulladék ellátásban.

Magyar kutatók ekkor kezdtek foglalkozni az acélhulladék keletkezésének modellezésével [21]. Becsülhető volt az acélt tartalmazó berendezések, eszközök átlagos élettartama, az élettartamuk végén belőlük keletkező, az acélipar számára hasznosítható acélhulladék mennyisége, továbbá a fő felhasználási területek (gépipar, járműipar, építőipar) acélfelhasználása a gyártás során. Kimutatásra került, hogy az integrált acélgyártás nettó acélhulladék termelő, az elektroacélgyártás nettó felhasználó, ezért az elektroacélgyártás aránya nem haladhat meg egy határértéket. Az így bevezetett modell jelenti ma is az elérhető acélhulladék mennyiség számításának alapját.

2.2.3. Ultra-tiszta átmenetifémek

Modern alkalmazások igénylik a 99,9999%-os (6N) koncentrációval jellemezhető ultra-nagyfokú tisztaság elérését a rézben, kobaltban, cinkben, de a magneto-optikai anyagok számára a vasban is. A hagyományosan több metallurgiai művelet és utólagos fizikai zónás olvasztás, vákuumos illósítás, elektronsugaras átolvastás kombinációját igénylő költséges eljárások helyett csak kis beruházási igényű, de hatékonyan tisztító módszer megvalósítására van szükség Magyarországon [22]. Ilyen eljáráshoz szolgál alapul a japán-magyar kutatási háttérrel kidolgozott komplex ioncserés elválasztásokon alapuló nedves eljárás. A vizes oldatokban az alapfém és a szennyezők kloridos komplexjeinek a stabilitását a kloridion koncentráció célszerű változtatásaival, valamint a redukáló, illetve oxidáló hatásokat alkalmazva mindezt az ionok oxidációs fokozatainak a megfelelő beállításával is kombinálva gyakorlatilag tökéletesen tiszta fém-klorid oldat állítható elő. Ebből közvetlen elektrolitos redukcióval katódon kinyerhető, majd a fémet tiszta körülmények között, hidrogén-argon plazma gázban megolvastva, megfelelő állapotban kapható az ultra-tiszta átmeneti fém. Ennek a piaci értéke a nemesfémekével mérhető össze. Éppen az arany kiváltására is alkalmas réz állítható így elő az integrált áramkörök gyártásához. Az ultra-tiszta kobalt előállítására kidolgozott módszert nemzetközi elismerést hozott, a kidolgozott eljárásokat amerikai, koreai szabadalmak védik.

2.3. Kompozittechnológiai kutatások

2.3.1. Polimer kompozitok statisztikus modellezése

A polimer anyagok és kompozitjaik minden szerkezeti szinten (szálak, szálköteg, roving, erősítőszövet, kompozitréteg, rétegelt-struktúra) tartalmaznak statisztikus jellegű gyártási hibákat. E statisztikus hatásokat figyelembe vevő anyagmodellek felállítását és alkalmazását segíti elő a kidolgozott statisztikus szálpaplan modell, valamint a szálmérő és szálorientáció eloszlásokat meghatározó, képelemző eljárások. Kutatóink idealizált statisztikus szál-kötegcéllákon (E-, EH-, ES-, ET-kötegek és kombinációi) és azok hálózatain alapuló anyag-modellezési módszert dolgoztak ki, amely a keletkező deformációk mellett, a várható tönkremeneteli folyamatot is leírja és lehetővé teszi a megbízhatóság értékelését. Egyik alkalmazása a mért szakítógörbe fenomenológiai modellezése és dekompozíciója, például az elektro-sztatikus szálképzésű nanoszálak szövetek szakítógörbéjének modellezése és az egyedi nanoszálak átlagos szakítószilárdságának becslése.

Egy másik eredmény a kompozitok szakítógörbéinek és AE mérési eredményeinek együttes modellezése a különböző tönkremeneteli folyamatok és a terhelési szinttől függő károsodási térképek meghatározásához. További alapvető alkalmazás, a szálköteg alapú, analitikus szerkezeti-szilárdsági anyagmodellek kidolgozása mechanikai vizsgálati folyamatok elméleti leírására, becslésére. Ilyen például az unidirekcionális (UD) rövidszálak kompozit várható húzószilárdságának és a szálhossz hatásának, sodrott szálak szerkezetek opti-mális sodratának, valamint UD szénszál/epoxi kompozit rúd várható hajlítóerő-lehajlás görbéjének és konfidencia intervallumának becslési módszere. Végül, egy olyan statisztikus fenomenológiai kúszásmodell kidolgozása emelhető ki, amellyel rövidtávú (10 óra) mérések alapján, tetszőleges terhelési szinten

megbecsülhető a hosszútávú (10-50 év) várható kúszási folyamat, a szakadási nyúlás és az élettartam várható értéke és konfidencia intervalluma [23].

2.3.2. Képfeldolgozás alapú mechanikai vizsgálatok

A szálak szerkezetek és hajlékony lapok bonyolult viszkoelasztikus feszültség-deformációs kapcsolata jobban elemezhető, ha vizsgálatuk közben a teljes próbatest deformált alakját is rögzítik [24]. A kutatók a síkfelületek 2D-s deformációjának rögzítésére video-extenzométert és DIC berendezést alkalmaztak, míg a 3D-s felületek beolvasására kifejlesztettek egy lézervona-las szkennelési eljárást. Ezek felhasználásával több mérési módszert és mérőberendezést is kidolgoztak. A hajlékony lapok redőződése vizsgálható a Sylvie 3D Drape Testerrel, amely 3D-s szkennerből, szimulációs programból és a szimuláció paramétereit meghatározó iterációs szoftverből áll. Video-extenzométerrel és DIC berendezéssel rögzített adatok alapján határozták meg az átlósirányú húzással végzett nyírás mérés során a pontos nyírószöveget [14,18] és a szakítógépre felszerelhető készülékükkel végzett biaxiális húzóvizsgálat során pedig a próbatest 2D-s deformációját. A lézervonalas szkennelési eljárásukat alkalmazó mérőberendezéseik segítségével határozták meg a hajlékony lapok hajlítómerevségét és a szálak lapszerkezetek alakíthatósági határát, amely utóbbit a képkeret-módszerrel végzett nyíróvizsgálat során a próbatest behullámosodása jelez.

2.3.3. Multifunkcionális anyagok

A szakterület kutatói közül többen foglalkoznak a szálerősítéses polimer kompozitok fejlesztésével, modellezésével, tulajdonságainak vizsgálatával, ipari alkalmazhatóságának elemzésével [25]. A leggyakoribb erősítőanyagok az üveg-, szén-, bazalt-, aramid- és természetes szálak, míg a leggyakrabban alkalmazott mátrixanyagok a hőre keményedő poliészter-, epoxi- és vinilészter gyanta, valamint a hőre lágyuló polipropilén és poliamid voltak. A vizsgált kompozitok közül kiemelkednek a bazaltszál-erősítésű anyagok, amelyekkel a 2000-es évek elején a bizottság tagjai a világon az elsők között kezdtek el foglalkozni, amely mára már piaci terméké vált. Az elmúlt évek kompozittechnológiai kutatásai a multifunkcionális anyagok felé fordultak, így a bizottság tagjai is nemzetközi eredményeket értek el az alakemlékező, az alakváltó, valamint az intelligens kompozitok fejlesztése területén. Üreges szálerősítést alkalmaztak önja-vításra, továbbá kihasználva az erősítő üvegszál fényvezető, valamint az erősítő szénszál elektromos vezetőképeségét meghatározták a kompozit szerkezeti anyag feszültségállapotát és in situ elemezték a gyártás közbeni térhálósodás folyamatát.

Önerősített polimer kompozitok területén a kutatók a polipropilén (PP) esetében elsőként mutatták ki, hogy a PP polimorfizmusát kihasználva is előállítható önerősített kompozit, amely kiváló energiaelnyelő képességgel rendelkezik még a PP üvegesedési átmeneti hőmérséklete alatt is. PP homo- és kopolimerek kombinálásával széles körűen vizsgálták az erősítőstruktúra hatását, valamint elsőként állítottak elő impregnált elő-gyártmányból fröccsöntéssel önerősített kompozitot. Kimutatták, hogy szöveterősítésű önerősített PP kompozitok esetében, a nagy nyújtottságú, orientált erősítőanyag égés során bekövetkező hőrelaxációja miatt jelentősen kevesebb égésgátló adalékkal lehet önköltő, V-0 fokozatot elérni úgy, hogy az égésgátló hozzáadása a mechanikai jellemzőket nem rontotta.

2.3.4. Bioepoxi kompozit anyagok

Magas üvegesedési átmeneti hőmérséklettel rendelkező, D-glükóz alapú, új bioepoxi monomereket állítottak elő a kutatók megújuló forrásból [26]. Az ezekből készült szénszál-erősítésű bioepoxigyanta kompozitok jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeztek, mint kőolajalapúak, így alternatívát jelentenek ez utóbbiak mellett. Szénszállal erősített epoxi kompozitok éghetőségét hatékonyan csökkentették, a mechanikai tulajdonságok szinten tartása mellett, egy teherhordó kompozit magból és felhabosodó epoxigyanta bevonatból álló többrétegű kompozit létrehozásával. Környezetbarát, foszfortartalmú égésgátlók esetén a hatékony égésgátláshoz kulcsfontos-

ságú az együttes gáz- és szilárd fázisú égésgátlási mechanizmus, amelyet saját fejlesztésű reaktív égésgátlószer, illetve két eltérő fázisban ható additív égésgátló együttes alkalmazásával sikerült elérni.

2.3.5. Hibrid kompozitok fejlesztése

A nagy szilárdságú, ugyanakkor kis sűrűségű szálerősített polimer kompozitokat sikerrel alkalmazzák a legmagasabb elvárásokat támaztó űr- és repüléstechnikában, illetve a motorsportokban. A legelterjedtebb szénszál erősítésű epoxi kompozit anyagcsalád tipikusan katasztrofális tönkremenetele azonban eltér a fémek fokozatos, jól követhető károsodási folyamat után bekövetkező szívós törésétől. Biztonságosabb tönkremenetel elérése esetén a nagy teljesítményű kompozitok felhasználása bővílné, például a személygépjárművek területén. A vékony rétegű szénszál és üvegszál, illetve két különböző szénszál típus párosításával kifejlesztett hibrid kompozitok előre jelezhető, szívós tönkremenetelt mutatnak [27]. A kutatók az egy irányban erősített változat mellett közel izotrop szerkezetű szívós kompozitot is kifejlesztettek. A bemutatott hibrid kompozitok felületi mintázatának szemmel látható változásán alapuló túlterhelés jelző eljárást szabadalmaztatták.

A gépészmérnöki- és anyagtudományok területén elért kiemelkedő kutatási eredmények hivatkozásjegyzéke

1. Lényeges hozzájárulások a **szivattyúk és ventilátorok tervezési módszerei** témakörhöz

J. Vad: Forward Blade Sweep Applied to Low-Speed Axial Fan Rotors of Controlled Vortex Design: An Overview, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power – Transactions of the ASME, Vol. 135, Issue 1, 2013

Vad J.: Aerodynamic effects of blade sweep and skew in low-speed axial flow rotors at the design flow rate: an overview, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part a - Journal of Power and Energy, Volume 222 Issue a1 pp 69-85, 2008

2. Lényeges hozzájárulások a **csőhálózatok** témakörhöz

Halász Gábor, Kristóf Gergely, Kullmann László: Áramlás csőhálózatokban, Műegyetem Kiadó, 2002

R. Wéber, Cs. Hős: Efficient Technique for Pipe Roughness Calibration and Sensor Placement for Water Distribution Systems, Journal of Water Resources Planning and Management-ASCE, Vol. 146, Issue 1, 2020

J.G. Bene, Cs. Hős: Finding Least-Cost Pump Schedules for Reservoir Filling with a Variable Speed Pump, Journal of Water Resources Planning and Management-ASCE, Vol. 138, Issue 22, 2012

I. Selek, J.G. Bene, Cs. Hős: Optimal (short-term) pump schedule detection for water distribution systems by neutral evolutionary search, Applied Soft Computing, Vol. 12, Issue 8, 2012

3. Lényeges hozzájárulások a **hemodinamika** témakörhöz

Szabo, V; Halasz, G: 1-D blood flow modelling in a running human body, Computer Methods In Biomechanics and Biomedical Engineering 20 : 9 pp. 941-948., 8 p. (2017)

Szabó, Viktor; Halász, Gábor; Gondos, Tibor: Detecting hypovolemia in postoperative patients using a discrete Fourier transform, Computers in Biology and Medicine 59 : 0 pp. 30-34., 5 p. (2015)

Bárdossy, Gergely; Halász, Gábor: A “backward” calculation method for the estimation of central aortic pressure wave in a 1D arterial model network, *Computers and Fluids* 73 : 2013 pp. 134-144., 11 p. (2013)

Bardossy, G; Halasz, G; Gondos, T: The diagnosis of hypovolemia using advanced statistical methods, *Computers in Biology and Medicine* 41 : 11 pp. 1022-1032. , 11 p. (2011)

Z. Kulcsár, Á. Ugron, M. Marosfoi, Z. Berentei, G. Paál, and I. Szikora, “Hemodynamics of cerebral aneurysm initiation: The role of wall shear stress and spatial wall shear stress gradient,” *Am. J. Neuroradiol.*, vol. 32, no. 3, pp. 587–594, 2011.

B. Csippa, G. Závodszy, G. Paál, and I. Szikora, “A new hypothesis on the role of vessel topology in cerebral aneurysm initiation,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 103, pp. 244–251, 2018.

G. Závodszy, G. Károlyi, and G. Paál, “Emerging fractal patterns in a real 3D cerebral aneurysm,” *J. Theor. Biol.*, vol. 368, pp. 95–101, 2015.

G. Bárdossy and G. Halász, “Modeling blood flow in the arterial system,” *Period. Polytech. Mech. Eng.*, vol. 55, no. 1, pp. 49–55, 2011.

G. Bárdossy and G. Halász, “A ‘ backward’ calculation method for the estimation of central aortic pressure wave in a 1D arterial model network,” *Comput. Fluids*, vol. 73, pp. 134–144, 2013.

T. I. Józsa and G. Paál, “Boundary conditions for flow simulations of abdominal aortic aneurysms,” *Int. J. Heat Fluid Flow*, vol. 50, pp. 342–351, 2014.

G. Závodszy and G. Paál, “Validation of a lattice Boltzmann method implementation for a 3D transient fluid flow in an intracranial aneurysm geometry,” *Int. J. Heat Fluid Flow*, vol. 44, pp. 276–283, 2013.

I Szikora, G Paal, A Ugron, F Nasztanovics, M Marosfoi, Z Berentei et al., „Impact of aneurysmal geometry on intraaneurysmal flow: a computerized flow simulation study”, *Neuroradiology* 50 (5), 411-421, 2007

G Paál, A Ugron, I Szikora, I Bojtár, „Flow in simplified and real models of intracranial aneurysms”, *International Journal of Heat and Fluid flow* 28 (4), 653-664, 2006

Á Ugron, MI Farinas, L Kiss, G Paál, „Unsteady velocity measurements in a realistic intracranial aneurysm model”, *Experiments in Fluids* 52 (1), 37-52, 2012

B Csippa, D Gyürki, G Závodszy, I Szikora, G Paál, „Hydrodynamic Resistance of Intracranial Flow-Diverter Stents: Measurement Description and Data Evaluation”, *Cardiovascular Engineering and Technology* 11 (1), 1-13, 2020

4. Lényeges hozzájárulások az **öngerjesztett áramlási lengések** témakörhöz

G Paál, I Vaik: Unsteady phenomena in the edge tone, *International Journal of Heat and Fluid Flow* 28 (4), 575-586, 2006

PT Nagy, G Paál: On the sensitivity of planar jets, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 62, 114-123, 2016

B Farkas, G Paál, KG Szabó: Descriptive analysis of a mode transition of the flow over an open cavity, *Physics of Fluids* 24 (2), 027102, 2012

I Vaik, G Paál: Flow simulations on an organ pipe foot model, *The Journal of the Acoustical Society of America* 133 (2), 1102-1110, 2013

PT Nagy, G Paál, Modeling the perturbation growth in an acoustically excited plane jet, *Physics of Fluids* 29 (11), 114102, 2017

5. Lényeges hozzájárulások a **prizmatikus testek körüli áramlások** témakörhöz

Dorogi, D., Baranyi, L.: Occurrence of orbital cylinder motion for flow around freely vibrating circular cylinder in uniform stream. *Journal of Fluids and Structures* 87 (2019), 228-246.

Dhiman, A., Gupta, R., Baranyi, L.: Cross-buoyancy mixed convection from a heated cylinder placed asymmetrically in a channel. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 95 (2018), 139-146.

Kumar, A., Dhiman, A., Baranyi, L.: CFD analysis of power-law fluid flow and heat transfer around a confined semi-circular cylinder. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 82 (2015), 159-169.

Bencs, P., Szabó, Sz., Oertel, D.: Simultaneous measurement of velocity and temperature field in the downstream region of a heated cylinder. *Engineering Review* 34(1), (2014), 7-13.

Baranyi, L., Szabó, S., Bolló, B., Bordás, R.: Analysis of low Reynolds number flow around a heated circular cylinder. *Journal of Mechanical Science and Technology* 23(7) (2009), 1829-1834.

Baranyi, L.: Numerical simulation of flow around an orbiting cylinder at different ellipticity values. *Journal of Fluids and Structures* 24 (2008), 883-906.

Baranyi, L.: Lift and drag evaluation in translating and rotating non-inertial systems. *Journal of Fluids and Structures* 20(1) (2005), 25-34.

6. Lényeges hozzájárulások a **turbulencia jelenségek** témakörhöz

Czibere, T.: Three dimensional stochastic model of turbulence, *Journal of Computational and Applied Mechanics* 2(1) (2001), 7–20.

Czibere, T.: Calculating turbulent flows based on a stochastic model. *Journal of Computational and Applied Mechanics* 7(2) (2006), 155–188.

Szabó, S., Kecke, H.J.: Experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeitsverteilung in einem strömungsmaschinen-typischen Kanal mittels Laser-Doppler Velocimetrie (LDV). *Technische Messen*, 2001/3, 131-139.

Szaszák, N., Roloff, C., Bordás, R., Bencs, P., Szabó, S., Thévenin, D.: A novel type of semi-active jet turbulence grid, *Heliyon* 4(12) (2018), Paper e01026, 25 p.

Gyulai, L., Szabó, S., De Kock, D.J., Snyman, J.A.: Optimal adjustment of the number of air changes of a smelter pot room by using mathematical optimization. *Journal for Structural and Multidisciplinary Optimization* 32 (2006), 409-421.

7. Lényeges hozzájárulások az **atomenergia** témakörhöz

Keresztúri A, Hegyi Gy, Korpás L, Maráczy Cs, Makai M, Telbisz M, General features and validation of the recent KARATE-440 code system, *Int'l J. of Nuclear Energy Science and Technology* 5:(3) pp. 207-238 (2010)

Keresztúri A, Hegyi G, Maráczy C, Panka I, Telbisz M, Trosztel I, Hegedűs C, Development and validation of the three-dimensional dynamic code KIKO3D, *Annals of Nuclear Energy* 30:(1) pp. 93-120. (2003)

Z. Hózer, Cs. Győri, L. Matus, M. Horváth: Ductile-to-brittle transition of oxidised Zircaloy-4 and E110 claddings, *Journal of Nuclear Materials* 373, pp.415-423 (2008)

J. Gádó, Á. Griger, K. Kulacsy: The fuel behaviour code FUROM and its high burn-up simulation capabilities, *Nuclear Engineering and Design* 327, 274 (2018)

Slonszki E., Hózer Z., Groma I., Gémes Gy. A., Lajtha G.: Az atomerőművekben használt cirkóniumötvözetek anyagszerkezeti vizsgálata, *Nukleon* XI. évf. 212 (2018)

Szabados L., Ézsöl Gy, Perneczky L., Tóth I., Results of the Experiments Performed in the PMK-2 Facility for VVER Safety Studies, ISBN 978-963-05-8461-6, Akadémiai Kiadó (2007)

Szabados L., Ézsöl Gy, Perneczky L., Tóth I., Guba A., Takács A., Trosztel I., Major Findings of Results of PMK-2 Test Results and Validation of Thermohydraulic System Codes for VVER Safety Studies, ISBN 978-963-05-8810-2, Akadémiai Kiadó (2009)

Z. Hózer, L. Maróti, P. Windberg, L. Matus, I. Nagy, Gy. Gyenes, M. Horváth, A. Pintér, M. Balaskó, A. Czitrovsky, P. Jani, A. Nagy, O. Prokopiev, B. Tóth: Behavior of VVER fuel rods

tested under severe accident conditions in the CODEX facility, Nuclear Technology, 154, pp. 302-317 (2006)

Fekete T.: The prospect of modern thermo-mechanics in structural integrity calculations of large-scale pressure vessels, Continuum Mechanics and Thermodynamics 30 1267–1322. (2018)

Gillemot F., Horvath M., Uri G., Fekete T., Houndeffo E., Acosta B., Debarberis L., Viehrig H.-W.: Radiation stability of WWER RPV cladding materials, Int J Pres Vess Piping 84 469–474. (2007)

Szántó P., Deme S., Láng E., Németh I., Pázmándi T., SINAC – Simulator Software for Interactive Modelling of Environmental Consequences of Nuclear Accidents (Second Generation), Paper P09.46, 13th International IRPA Congress, Glasgow, United Kingdom, 2012

G. Házi, J. Páles, E. Végh, J.S. Jánosy, Upgrading the two-phase thermo-hydraulic model for the full scope simulator of Paks nuclear power plant, Proc. 23th European Conf. Modelling and Simulation, 9-12 June, Madrid, Spain, 2009

J. Végh, I. Pós, Cs. Horváth, Z. Kálya, T. Parkó, M. Ignits, VERONA V6.22 – An enhanced reactor analysis tool applied for continuous core parameter monitoring at Paks NPP, Nucl. Eng. Design, 292, pp. 261-276, 2015

Katona T. J., Seismic Safety Analysis and Upgrading of Operating Nuclear Power Plants (Chapter 4), In: Wael, Ahmed (szerk.) Nuclear Power - Practical Aspects, New York, InTech, (2012) pp. 77-124.

Katona T. J., Bán Z., Győri E., Tóth L., Mahler A., Safety Assessment of Nuclear Power Plants for Liquefaction Consequences, Science and Technology of Nuclear Installations, Volume 2015, Article ID 727291, 11 pages

Katona T. J., Gyori E., Bán Z., Tóth L., Assessment of Liquefaction Consequences for Nuclear Power Plant Paks, Transactions, SMiRT-23, Manchester, United Kingdom - August 10-14, 2015, Division VII, Paper ID 125

Tóth S, Aszódi A: Determination of mixing factors for VVER-440 fuel assembly head, Nuclear Engineering and Design, 2013, 264: pp. 126-134.

Babcsány B, Czifrus S, Fehér S: Methodology and conclusions of activation calculations of WWER-440 type nuclear power plants, Nuclear Engineering and Design, 2015, 284: pp. 228-237.

Halász M., Szieberth M.: Investigation of fuel cycles containing Generation IV reactors and VVER-1200 reactors, KERNTECHNIK 83 (2018): pp. 319-324.

8. Lényeges hozzájárulások az **megújuló energiaforrások** témakörhöz

Dán A., Tersztyánszky T, Varjú Gy: Villamosenergia minőség, Kiadó: Invest_Marketing. 2006.

Farkas István: Napenergia a mezőgazdaságban, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2003.

Gali Ádám: Harmadik generációs napelemek, Magyar Tudomány, Vol. 5., 2017, 540-544. o.

Zöld András, Kerekes Attila: A napenergia passzív hasznosítása az épületekben, Magyar Tudomány, Vol. 5., 2017, 545-555. o.

Vass Imre: A napenergia fotoszintetikus hasznosítása, Magyar Tudomány, Vol. 5., 2017, 552-557. o.

L Tóth László – Schrempf Norbert: A szélenergia helye, várható szerepe Magyarország Megújuló Cselekvési Tervében, Energiagazdálkodás, 2012, 53: 5, 13-17. o.

Tóth László - Madár Viktor - Bácskai István - Schrempf Norbert: Biomassza-pirolízis alapú kiserőmű fejlesztése. Magyar energetika, 2017. 24. évf., 3. sz., 18-23. o.

Zsebik A.: Two Years Experience with Solar Cooling. 2011 World Energy Engineering Congress, Chicago, 2011. október 12-14, ISBN: 9781618393692

Zsebik A. – Balikó S. – Csata Zs.: Heat recovery at the CO2 refrigeration systems. Energy Engineering, Volume 111, Issue 3, 2014. DOI: 10.1080/01998595.2014.10816366

9. Lényeges hozzájárulások a **távhőellátás** témakörhöz

Garbai L.: Távhőellátás, hőszállítás; Budapest, Typotex kiadó (2012)

Garbai L., Jasper A.: Csőhálózatok hidraulikája: Állandósult áramlás, Budapest, Akadémiai Kiadó (2017)

Magyar Z., Garbai L., Jasper A.: Risk-based determination of heat demand for central and district heating by a probability theory approach, *Energy and Buildings* 110, pp. 387-395 (2016)

Garbai L., Jasper A., Magyar Z.: Probability theory description of domestic hot water and heating demands, *Energy and Buildings* 75, pp. 483-492 (2014)

10. Lényeges hozzájárulások a **megújuló és alternatív tüzelőanyagok** témakörhöz

Laza, T., Bereczky A.: Basic fuel properties of rapeseed oil-higher alcohols blends, *Fuel*, Volume 90, Issue 2, 2011, pp: 803-810.

Lujaji, F., Kristóf, L., Bereczky, A., Mbarawa, M.: Experimental investigation of fuel properties, engine performance, combustion and emissions of blends containing croton oil, butanol, and diesel on a CI engine. *Fuel*, 90 (2011), pp. 505-510.

Siwale L, K. Lukács, Adam T, Bereczky, A., Mbarawa M, Penninger A, Kolesnikov A.: Combustion and emission characteristics of n-butanol/diesel fuel blend in a turbo-charged compression ignition engine. *Fuel* 107 (2013), pp. 409-418.

J. Zaglinskis, K. Lukács, Bereczky, Á.: Comparison of properties of a compression ignition engine operating on diesel–biodiesel blend with methanol additive, *Fuel*, 170 (2016), pp. 245-253

V. Józsa, R. Kovács: *Solving Problems in Thermal Engineering: A Toolbox for Engineers*, Springer, 2020, ISBN: 9783030334758

A. Urbán, A. Groniewsky, M. Malý, V. Józsa, J. Jedelský: Application of big data analysis technique on high-velocity airblast atomization: Searching for optimum probability density function, *Fuel*, 273, 2020, paper 117792

A. Kun-Balog, K. Sztankó, V. Józsa: Pollutant emission of gaseous and liquid aqueous bioethanol combustion in swirl burners, *Energy Conversion and Management*, 149, 2017, pp. 896-903

11. Lényeges hozzájárulások a **tribológia** témakörhöz

Eleőd, A., Berthier, Y., Baillet, L., Törköly, T.: Transient and stationary changes of the mechanical properties of the first body governed by the hydrostatic pressure component of the local stress state during dry friction. *Tribology Series*, 42, Editor: D. Dowson, *Transient Processes in Tribology*, Elsevier, 2004, pp. 533-561.

Eleőd, A.: Numerische Tribologie: Strukturveränderungs- und Verschleiß simulation mit Hilfe der Finiten Elemente Methode, *TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK*, 55:3 (2008) pp. 17-22.

Kalácska, G.: An engineering approach to dry friction behaviour of numerous engineering plastics with respect to the mechanical properties, *eXPRESS POLYMER LETTERS*, 7:2 (2013) pp. 199-210.

Singh, J., Mahabaleshwar, U.S., Bognár, G.: Mass transpiration in nonlinear MHD flow due to porous stretching sheet, *SCIENTIFIC REPORTS*, 9 (2019) pp. 1-15.

Palásti-Kovács. B., Kovács K.: Műszaki felületek mikrotopográfiájának jellemzése háromdimenziós paraméterekkel, *GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIA*, 8 (1998) pp.19-24.

Barányi, I., Kalácska, G., Czifra, Á.: Three dimensional Fourier analysis of the surface microtopography, *MECHANICAL ENGINEERING LETTERS*, 5 (2011) pp. 161-165.

Czifra, Á., Váradi, K., Horváth, S.: Three dimensional asperity analysis of worn surfaces, *MECCANICA*, 43:6 (2008) pp. 601-609.

Goda, T.J.: Effect of track roughness generated micro-hysteresis on rubber friction in case of (apparently) smooth surfaces, *TRIBOLOGY INTERNATIONAL*, 93 (2016) Part A pp. 142-150.
Bódai, G., Goda, T.J.: Sliding friction of wiper blade: Measurement, FE modeling and mixed friction simulation, *TRIBOLOGY INTERNATIONAL*, 70 (2014) pp. 63-74.
Bódai, G., Goda, T.J.: Friction force measurement at windscreen wiper/glass contact, *TRIBOLOGY LETTERS*, 45:3 (2012) pp. 515-523.
Békési, N., Váradi, K., Felhős, D.: Wear simulation of a reciprocating seal, *JOURNAL OF TRIBOLOGY-TRANSACTIONS OF THE ASME*, 133:3 (2011) Paper: 031601

12. Lényeges hozzájárulások az **integrált számítógépes tervezés** témakörhöz

Váradi, K., Horváth, I.: *Gépészeti tervezést támogató technológiák*, Budapest, Műegyetemi Kiadó, 2007.
Piros, A., Veres, G.: Fuzzy based method for project planning of the infrastructure design for the diagnostic in ITER, *Fusion Engineering and Design*, 88:6-8 (2013) pp. 1183-1186.

13. Lényeges hozzájárulások a **szerszámgépek tervezése** témakörhöz

Patkó, Gy., Takács, Gy., Szilágyi, A.: A new dynamical concept of a superfinishing device driven by a linear motor unit, *SCIENTIFIC BULLETIN SERIES C: FASCICLE MECHANICS, TRIBOLOGY, MACHINE MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 22:1 (2008) pp. 1-8.
Patkó, Gy., Kollányi, T.: On transverse vibration of belts, *JOURNAL OF COMPUTATIONAL AND APPLIED MECHANICS*, 6:1 (2005) pp. 115-128.
Jakab E., Tajnafői J.: Eljárás és berendezés szalagköszörüléses lefejtő megmunkálásokra, *Szabadalmi Közlöny*: 1994.09.28. Lajstromszám: 209 638.
Tajnafői J., Gál J., Kertész J.: Befogótokmány automatikus pofaállítással és centrifugáliserő- kiegyensúlyozással, *Szabadalmi Közlöny*: 2000. 04. 28. Lajstromszám: 217 764.
Jakab, E., Nagy, L., Lénárt, J., Fischer, T.: Starter für eine Brennkraftmaschine, *Offenlegungsschrift*: 05.07.2012. Patentregistrierungsnummer: DE 10 2010 064 352 A1.

14. Lényeges hozzájárulások az **közúti és vasúti járművek tervezése** témakörhöz

Matolcsy, M.: Crashworthiness of bus structures and rollover protection. NATO konferencia a különböző közlekedési ágak, eszközök biztonsági kérdéseiről. Troia, Portugália 1994. in „Crashworthiness of Transportation Systems: Structural Impact and Occupant protection” Kluwer Academic Press 1997. pp. 321-360.
Matolcsy, M.: Seminar about frontal collisions, UN-ECE/GRSG World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations, Madrid (Spain) 2003.
Sábitz, L., Zobory, I.: On simulating the thermal conditions of martensite formation on railway wheel treads In: Joao, Pombo (ed.) *Proc. 2nd International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance*, Stirling (UK / Scotland) Civil-Comp Press, (2014) Paper: 105, 3p.
Zobory, I.: Prediction of wheel/rail profile wear, *VEHICLE SYSTEM DYNAMICS*, 28:2-3 (1997) pp. 221-259.
Zobory, I., Békefi, E.: Control Strategies of Brake Dynamics for Railway Vehicles Equipped with Anti-Slip-Device In: Zobory, I. (ed.) *Proc. 9th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies VSDIA'04*, Budapest 2004, (2006) pp. 227-236.

15. Lényeges hozzájárulások a **hajtóművek és hajtások** témakörhöz

Péter, J.: Results of research work on flexible gear drives I-II. 5th International Meeting of the Carpathian Region Specialists in the Field of Gears. Baya Mare (Romania) 2004. Scientific Bulletin. Serie C, Volume XVIII. 251-256, 256-262.

Döbröczöni, Á., Terplán, Z.: A special planetary train of frictional type for miniature mechanisms. 1st IFToMM Int. Micromech. Symposium, Tokyo (Japan) 1993. pp. 98-101.

Simon, V.: The influence of gear hobbing on worm gear characteristics, ASME JOURNAL OF MANUFACTURING SCIENCE AND ENGINEERING, 129 (2007) pp. 919-925.

Simon, V.: Influence of machine tool setting parameters on EHD lubrication in hypoid gears, MECHANISM AND MACHINE THEORY, 44 (2009) pp. 923-937.

Simon, V.: Optimal machine tool settings for the manufacture of face-hobbed spiral bevel gears, ASME JOURNAL OF MECHANICAL DESIGN, 136:8 (2014) Art. No. 081004, pp. 1-8.

Simon, V.: Improved mixed elasto-hydrodynamic lubrication of hypoid gears by the optimization of manufacture parameters, WEAR, 15 (2019) pp. 438-439.

16. Lényeges hozzájárulások a **géptervezés interdiszciplináris kutatási területei** témakörhöz

Czigány, T., Marosfalvi, J., Karger-Kocsis, J.: An acoustic emission study on the temperature dependent fracture behavior of polypropylene composites reinforced by continuous and discontinuous fiber mats, COMPOSITES SCIENCE AND TECHNOLOGY, 60 (2000) pp.1203-1212.

Németh, A., Marosfalvi, J.: Effect of climatic ageing on extra long-term fracture mechanical properties of polyethylene, POLIMER DEGRADATION AND STABILITY, 73:2 (2001) pp. 245-249.

Modellezés a Biomechanikában. Szerkesztette Halász Gábor. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2008.
Kocsis, L, Kiss, R M, Illyés, Á: Mozgásszervek biomechanikája Budapest, Magyarország: TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. 2007, 404 p.

Ábrahám, Gy., Nagy, B.V.: The dysfunction of the photoreceptor and its correctional possibility with optical filters, ACTA PHYSIOLOGICAL, 89:1-3 (2002) pp. 188-189.

Kovács, G., Kucsera, I., Ábrahám, Gy., Wenzel, K.: Enhancing color representation for anomalous trichromats on CRT monitors, COLOUR RESEARCH AND APPLICATION, S. 26 (2001) pp. S273-S276.

Czél, B., Gróf, Gy.: Inverse identification of temperature-dependent thermal conductivity via genetic algorithm with cost function-based rearrangement of genes, International Journal of Heat and Mass Transfer 55:15-16 (2012) pp. 4254-4263.

Ábrahám, Gy., Szappanos, J., Wenzel, K.: Method and optical means for improving or modifying colour vision and method for making said optical means. Patents: USA5,774,202, Canada 2,169,771, Japan 7-506845, EU 0716 758, Korea 304 799, Taiwan NI 65630

Ábrahám, Gy., Fekete, R. T.: Progressive Brake light system. Patent No.EP 2195194.

17. Lényeges hozzájárulások a **félvezetők, nanoanyagok és nanotechnológiák** témakörhöz

Balazsi, C; Konya, Z; Weber, F; Biro, LP; Arato, P: Preparation and characterization of carbon nanotube reinforced silicon nitride composites, Materials science & engineering c-biomimetic and supramolecular systems, 23 (6-8) (2003) pp. 1133-1137.

Ducso, Cs; Vazsonyi, E; Adam, M; Barsony, I; Gardeniers, JGE; Berg, A: Porous silicon bulk micromachining for thermally isolated membrane formation, Sensors And Actuators A-Physical 60 pp. (1997) pp. 235-239.

Baji Zs.,; Lábadi Z.,; E Horváth Zs.; Molnár Gy.,; Volk J.,; Bársony I.; Barna P.: Nucleation and Growth Modes of ALD ZnO, Crystal Growth & Design 12 (11) (2012) pp. 5615-5620.

Volk, J; Nagata, T; Erdélyi, R; Bársony, I ; Tóth, A L; Lukács, I E; Czigány, Zs; Tomimoto, H; Shingaya, Y; Chikyow, T: Highly Uniform Epitaxial ZnO Nanorod Arrays for Nanopiezotronics, *Nanoscale Research Letters* 4(7) (2009) pp. 699-704.

Tapasztó L.; Dobrik G.; Lambin P.; Biró LP: Tailoring the atomic structure of graphene nanoribbons by scanning tunnelling microscope lithography, *Nature Nanotechnology*, 3 (2008) pp. 397-401

Magda G.Z.; Jin, X.; Hagymási I., Vancsó P., Nemes-Incze P., Osváth Z., Hwang, C., Biró L.P., Tapasztó L.: Room temperature magnetic order on zigzag edges of narrow graphene nanoribbons. *Nature*, 514 (2014) pp. 608-611

Barna, A; Pecz, B; Menyhard, M.: TEM Sample Preparation by Ion Milling Amorphization, *Micron* 30(3) (1999) pp. 267-276.

Barna, A; Pecz, B; Menyhard, M.: Amorphisation And Surface Morphology Development at Low-energy Ion Milling, *Ultramicroscopy* 70(3) (1998) pp. 161-171.

Petrov, I; Barna, PB; Hultman, L, Greene JE.: Microstructural evolution during film growth, *Journal Of Vacuum Science And Technology A-Vacuum Surfaces And Films* 21(5) (2003) pp. S117-S128.

Barna, PB; Adamik, M.: Fundamental structure forming phenomena of polycrystalline films and the structure zone models. *Thin Solid Films* 317(1-2) (1998) pp. 27-33.

Pecz, B; Makkai, Z; di, Forte Poisson MA; Huet, F; Dunin, Borkowski RE.: V-shaped Defects Connected to Inversion Domains in Algan Layers, *Applied Physics Letters* 78(11) (2001) pp. 1529-1531.

Pecz, B.: Contact Formation in Sic Devices, *Applied Surface Science* 184 (1-4) (2001) pp. 287-294.

Pecz, B; Dobos, L; Panknin, D; Skorupa, W; Lioutas, C; Vouroutzis, N.: Crystallization of Amorphous-si Films by Flash Lamp Annealing, *Applied Surface Science* 242(1-2) (2005) pp. 185-191.

Pecz, B; Toth, L; di, Forte Poisson MA; Vacas, J.: Ti₃SiC₂ Formed in Annealed Al/ti Contacts to P-type SiC, *Applied Surface Science* 206(1-4) (2003) pp. 8-11.

Kakuk, Gy; Zsoldos, I; Csanady, A; Oldal, I.: Contributions to the modelling of the milling process in a planetary ball mill, *Reviews on Advanced Materials Science* 22(1-2) (2009) pp. 21-38.

Pardavihorváth M., DellaTorre, E.; Vajda F., Vértesy G.: A variable variance Preisach model, *IEEE Transactions On Magnetics* 29(6) (1993) pp. 3793-3795.

Ripka P., Vértesy G: Sensors based on soft magnetic materials, *Journal Of Magnetism And Magnetic Materials* 215 (2000) pp. 795-799.

Duszová A., Dusza J., Tomášek K., Blugan G.S., Kübler J.: Microstructure and Properties of Carbon Nanotube/Zirconia Composite. *Journal of the European Ceramic Society* 28 (2008) pp. 1023-1027.

Duszová A., Dusza J., Tomášek K., Morgiel J., Blugan G.S., Kübler J.: Zirconia/Carbon Nanofiber Composite. *Scripta Materialia* 58(2008) pp. 520-523.

Balázs Cs., Kónya Z., Wéber F., Biró L.P., Arató P.: Preparation and characterization of carbon nanotube reinforced silicon nitride composites. *Materials Science and Engineering C* 23 (2003) pp. 1133-1137.

Dusza, J.; Morgiel, J.; Duszová, A.; Kvetková, L.; Nosko, M.; Kun P., Balázs Cs.: Microstructure and fracture toughness of Si₃N₄ + graphene platelet composites. *Journal of the European Ceramic Society* 32 (2012) pp. 3389-3397.

Kvetková L., Duszová A., Hvizdoš P., Dusza J., Kun P., Balázs Cs.: Fracture toughness and toughening mechanisms in graphene platelet reinforced Si₃N₄composites. *Scripta Materialia* 66 (2012) pp. 793-796.

Castle E., Csanádi T., Grasso S., Dusza J., Reece M.J.: Processing and properties of high-entropy ultra-high temperature carbides. *Scientific Reports* 8 (2018) p. 8609.

Latysh, V.; Krállics Gy.; Alexandrov, I.; Fodor A.: Application of bulk nanostructured materials in medicine, *Current Applied Physics* 6(2) (2006) pp. 262-266.

Gubicza, J; Chinh, N Q; Krallics, Gy; Schiller, I; Ungar, T: Microstructure of ultrafine-grained fcc metals produced by severe plastic deformation, *Current Applied Physics* 6(2) (2006) pp. 194-199.

Krallics, Gy; Lenard, JG: An examination of the accumulative roll-bonding process, *Journal Of Materials Processing Technology*,152(2) (2004) pp.154-161.

Kaptay G.: The Gibbs equation versus the Kelvin and the Gibbs-Thomson equations to describe nucleation and equilibrium of nano-materials, *J Nanosci Nanotechn* 12 (2012) pp. 2625-2633.

Kaptay G.: Nano-Calphad: extension of the Calphad method to systems with nano-phases and complexions. *J Mater Sci* 47 (2012) pp. 8320-8335.

Kaptay G.: On the size and shape dependence of the solubility of nano-particles in solutions. *Int. J. Pharmaceutics*, 430 (2012) pp. 253-257.

G. Kaptay, J. Janczak-Rusch, G. Pigozzi, L.P.H. Jeurgens: Theoretical analysis of melting point depression of pure metals in different initial configurations. *J. Mater. Eng. Perform.*, 2014, vol.23, pp.1600-1607.

G.Kaptay: A new paradigm on the chemical potentials of components in multi-component nano-phases within multi-phase systems. *RSC Adv*, 2017, vol.7, pp.41241-41253.

A.Vegh, G.Kaptay. Modelling surface melting of macro-crystals and melting of nano-crystals for the case of perfectly wetting liquids in one-component systems using lead as an example. *Calphad* 63 (2018) 37-50.

Bársony István, Kökényesi Sándor, *Funkcionális anyagok és technológiájuk*. Debrecen, Debreceni Egyetem Műszaki Kar (2003), 183 p. ISBN: 9639505250 MOB.

Latish, V. V.; Polovnikov, V. M.; Kandarov, V. V.; Kandarov, I. V.; Aleksandrov, I. V.; Krallics, Gy: Eljárás ultra-finomszemcsés titánötvözetű félgyártmányok gyártására, *Orosz Szabadalom Lajstromszám: RU2364660C1*, Oroszország (Bejelentve: 2007, Megadva: 2009)

18. Lényeges hozzájárulások a **fémötvözetek, társított anyagok és technológiák** témakörhöz

Roósz, A ; Exner, H E: Numerical modelling of dendritic solidification in aluminium-rich Al-Cu-Mg alloys, *Acta Metallurgica Et Materialia* 38 (1990) pp. 375-380.

Kraft, T ; Roósz, A ; Rettenmayr, M : Undercooling Effects in Microsegregation Modelling, *Scripta Materiali A* 35 (1996) pp. 77-82.

Geiger, J ; Roósz, A ; Barkóczy, P: Simulation of grain coarsening in two dimensions by cellular-automaton, *Acta Materialia* 49 (2001) pp. 623-629. (2001)

Mertinger V., Nagy E., Tranta F., Solyom J.: Strain-induced martensitic transformation in textured austenitic stainless steels, *Materials Science and Engineering A*, 481 (2008) pp. 718-722.

Nagy E., Mertinger V., Tranta F., Solyom J., Deformation induced martensitic transformation in stainless steels, *Materials Science and Engineering A*, 378(1-2) (2004) pp. 308-313

Orbulov IN: Metal matrix syntactic foams produced by pressure infiltration – The effect of infiltration parameters, *Mater. Sci. Eng. A*. 583 (2013) pp. 11–19.

Májlinger K, Orbulov IN: Characteristic compressive properties of hybrid metal matrix syntactic foams, *Mater. Sci. Eng. A*. 606 (2014) pp. 248–256.

Orbulov IN, Ginzler J: Compressive characteristics of metal matrix syntactic foams, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 43 (2012) pp. 553–561.

Orbulov IN: Compressive properties of aluminium matrix syntactic foams, *Mater. Sci. Eng. A*. 555 (2012) pp. 52–56.

Szlancsik A, Katona B, Bobor K, Májlinger K, Orbulov IN: Compressive behaviour of aluminium matrix syntactic foams reinforced by iron hollow spheres, *Mater. Des.* 83 (2015) pp. 230–237.

Myers K, Katona B, Cortes P, Orbulov IN: Quasi-static and high strain rate response of aluminum matrix syntactic foams under compression, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 79 (2015) pp. 82–91.

Kretz F., Gacsi Z., Kovacs J., Pieczonka T.: The electroless deposition of nickel on SiC particles for aluminum matrix composites, *Surface And Coatings Technology* 180-181 (2004) pp. 575-579.

Gacsi Z., Kovacs J., Pieczonka T., Buza G.: Investigation of sintered and laser surface remelted Al-SiC composites, *Surface And Coatings Technology* 151 (2002) pp. 320-324.

Roósz, A.; Rónaföldi A. Eljárás és berendezés kristályosodás során kialakuló szemcseméret finomítására. Találmányi bejelentés (2017) Ügyiratszám: P1700390/6

Roósz, A.; Buza, G.; Bárczy, P.; Fuchs, E.; Fancsali, J.; Szoke, J: Többfunkciós modul kristálynövesztő berendezés. Magyar szabadalom, Lajstromszám: 225898. (Benyújtva: 2001, Megadva: 2007.)

Bárczy, P.; Buza, G.; Czél, Gy.; Fancsali, J.; Makk, P.; Raffay, Cs.; Roósz, A.; Tolvaj, B: Apparatus and capsule for carrying out process of directed crystallization, especially in cosmic space condition. US5429341, Benyújtás száma: US19930038974, NSZO: C30B30/08; F27B17/00; F27D5/00, Amerikai Egyesült Államok USA szabadalom, Benyújtás éve: 1992

Roósz, A.; Buza, G.; Sólyom, J.; Kálazi, Z. Eljárás monotektikus ötvözetből álló munkafelülettel ellátott fém munkadarabok előállítására Magyar szabadalom. Lajstromszám: 223610 (Bejelentve: 2001, Megadva: 2004).

Roósz, A.; Rónaföldi, A.; Zupkó, I.; Szabó, G.; Puskás, Cs.; Bán, R. Eljárás sokrétegű szendvicsszerkezetű lemez előállítására.) Magyar szabadalom. Lajstromszám: 230969 (Bejelentve: 2015, Megadva: 2019)

Gácsi, Z.; Pázmán, J. Eljárás szilíciumkarbid szemcsék kémiai nikkelezésére, Magyar szabadalom, Lajstromszám: 230448 (Bejelentve: 2012, Megadva: 2016)

Gácsi, Z.; Szabó, A.; Szabó, T.; Koncz-Horváth, D.; Póliska, Cs.; Vári, L.; Radányi, Á. Eljárás megnövelt élettartamú bélyegforrasztó szerszám előállítására, Magyar szabadalom, Lajstromszám: 230 104 (Bejelentve: 2013, Megadva: 2015)

Kaptay G.: Interfacial Criterion of Spontaneous and Forced Engulfment of Reinforcing Particles by an Advancing Solid/Liquid Interface. *Metall. Mater. Trans. A.*, 32A (2001) pp. 993-1006.

Baumli P., Sytchev J., Kaptay G.: Perfect wettability of carbon by liquid aluminum achieved by a multifunctional flux. *J Mater Sci*, 45 (2010) pp. 5177-5190.

Kaptay G.: Interfacial criteria for stabilization of liquid foams by solid particles. *Colloids Surfaces A*. 230 (2003/2004) 67-80.

Kaptay G.: On the equation of the maximum capillary pressure induced by solid particles to stabilize emulsions and foams and on the emulsion stability diagram. *Colloids Surfaces A*. 282-283 (2006) pp. 387-401.

Lekatou A., Karantzalis A.E., Evangelou A., Gousia V., Kaptay G., Gacsi Z., Baumli P., A. Simon: Aluminium reinforced by WC and TiC nanoparticles (ex-situ) and aluminide particles (in-situ): Microstructure, wear and corrosion behaviour. *Mater Design*, 65 (2015) pp. 1121-1135.

Galkina O.L., Sycheva A., Blagodatskiy A., Kaptay G., Katanaev V.L., Seisenbaeva G.A., Kessler V.G., Agafonov A.V.: The sol-gel synthesis of cotton/TiO₂ composites and their antibacterial properties. *Surf. Coat. Technol.*, 253 (2014) pp. 171-179.

Kaptay, Gy., Budai, I.: Eljárás monotektikus diszpergált fémötvözetek létrehozására. Magyar Szabadalom, Lajstromszám: 229 322 (Bejelentve: 2008, Megadva: 2013). PCT-kiterjesztés (Method to produce monotectic dispersed metallic alloys, 2010, WO 2010023494 A1). US patent (8 500 925 B2, 2013).

Kaptay, Gy.; Mekler, Cs.; Stomp, D.; Baumli, P.; Budai, I.; Juhász, K.L.; Szabó, D.; Szabó, J. Eljárás és berendezés karbon szálakkal erősített alumínium mátrixú kompozit huzalok előállítására. Magyar szabadalom. Lajstromszám: 230358 (Benyújtva 2013, Megadva: 2015). PCT kiterjesztés (PCT/IB2014/060101, WO 2014/155276 A1, 2014. Method and apparatus for the production of carbon fibre reinforced aluminium matrix composite wires). U.S. Patent (No 9,816,167 B2, 2017). Russian patent (2015145539, 2015). Chinese Patent (No. PAF15545175, 2015).

Szabó, D.; Kaptay, Gy.; Szabó, J. Eljárás nyílt cellás titánhab előállítására. Magyar szabadalom, Lajstromszám: 230818 (Bejelentve: 2015, Megadva: 2018)

Kaptay, Gy; Szabó, D.; Szabó, J.; Petró, J. Cs.; Isaák, Gy. Átmeneti fémeket, nemfémeket és/vagy azok ötvözeteit és/vagy oxidjait tartalmazó önhordós, öntisztuló, nyílt cellás fémhabok és eljárás előállításukra. Találmányi bejelentés (2015) Ügyiratszám: P1500403

19. Lényeges hozzájárulások a **számítógépes tervezés, modellezés, szakértői rendszerek** témakörhöz

Tisza, M.: Physical Metallurgy for Engineers, ASM publisher, London-Ohio, 2001.

Tisza, M.: Introduction to Materials Sciences. Miskolci Egyetem, Miskolc, 2003.

Tisza, M.: Development of Lightweight automotive structures from steels, In: Engineering Steels and High Entropy Alloys, IntechOpen Publisher, London, 2020.

Dudás, I.: Theory and Practice of Worm Drives. Penton Press, London, 2000.

Tóth, L.: Materials as the Simplest Self-Organised Systems, and the Consequences of This. In G. Pluvinage, L. Milovic (ed): Fracture at all Scales, Springer, 2017. pp.41-58.

Krasowsky, A. Ja.; Tóth, L.: Material Characterisation Required for the Reliability Assessment of the Cyclically Loaded Engineering Structure. Part 1. Fatigue and Failure of Materials. NATO ASI Series. Vol. 39. Kluwer Academic Publishers, 1997. pp.165-223.

Dmytrakh, I.M.; Vaimman, A.B.; Stahchuk, M.H.; Tóth, L.: Fracture Mechanics and Strength of Materials. Volume 7, (Chapter IV. and V.) National Academy of Sciences of Ukraine, Karpenko Physico-Mechanical Institute, 2005. pp. 251-407.

Tóth, L.: Fracture Mechanics and Engineers. Éditions Universitatis Euro-Péennes, 2018.

Tisza M: Expert systems for metal forming, Journal of Materials Processing Technology 53 (1995) pp. 423-432.

Tisza M: Numerical modelling and simulation in sheet metal forming, Journal of Materials Processing Technology 151 (2004) p. 58-62.

Tisza M: General overview of sheet incremental forming, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 55/1 (2012) pp. 113-120.

Tisza M, Czinege I: Comparative study of the application of steels and aluminium in lightweight production of automotive parts, International Journal of Lightweight Materials and Manufacture 1 (2018) pp. 229-238.

Trampus P.: A reaktortartály szerkezeti integritása. Magyar Tudomány 2003/11 p.1425.

Trampus, P.: Atomerőművek üzemidő-hosszabbítása. Fizikai Szemle 58(3) (2008) pp. 103-108.

20. Lényeges hozzájárulások a **kémiai termodinamikai kutatások** témakörhöz

G. Kaptay: A new equation for the temperature dependence of the excess Gibbs energy of solution phases, CALPHAD, 2004, vol.28, pp.115-124

G. Kaptay: On the tendency of solutions to tend toward ideal solutions at high temperatures, Metall Mater Trans A, 2012, vol.43, pp. 531-543.

Y. Tang, Y. Du, L. Zhang, X. Yuan, G.Kaptay: Thermodynamic description of the Al–Mg–Si system using a new formulation for the excess Gibbs energy, Thermochemica Acta, 2012, vol.527, pp.131-142.

G. Kaptay: The exponential excess Gibbs energy model revisited. Calphad, 2017, vol.56, pp.169-184.

G. Kaptay, E. Báder, L.Bolyán: Interfacial Forces and Energies Relevant to Production of Metal Matrix Composites, Materials Science Forum, vols. 329-330 (2000) 151-156.

G. Kaptay: A CALPHAD-compatible method to calculate liquid/liquid interfacial energies in immiscible metallic systems, Calphad, 2008, vol.32, pp.338-352.

P. Baumli, G. Kaptay: Wettability of carbon surfaces by pure molten alkali chlorides and their penetration into a porous graphite substrate – Mater Sci Eng A, 2008, vol.495, pp.192-196.

G. Kaptay: On the interfacial energy of coherent interfaces. *Acta Mater*, 2012, vol.60, pp. 6804-6813.

T. Sándor, C. Mekler, J. Dobránszky, G. Kaptay: An improved theoretical model for A-TIG welding based on surface phase transition and reversed Marangoni flow, *Metall Mater Trans A*, 2013, vol.44A, pp. 351-361.

Z. Weltsch, A. Lovas, J. Takács, Á. Cziráki, A. Tóth, G. Kaptay: Measurement and Modelling of the Wettability of Graphite by a Silver-Tin (Ag-Sn) Liquid Alloy, *Applied Surface Science*, 2013, vol.268, pp.52-60.

G. Kaptay: Interfacial criteria for stabilization of liquid foams by solid particles, *Colloids and Surfaces: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2003 vol.230, pp.67-80.

G. Kaptay, T. Bárczy: On the asymmetrical dependence of the threshold pressure of infiltration on the wettability of the porous solid by the infiltrating liquid, *J.Mater.Sci*, 2005, vol.40, pp.2531-2535.

G.Kaptay: On the equation of the maximum capillary pressure induced by solid particles to stabilize emulsions and foams and on the emulsion stability diagram, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2006, vol.282-283, pp.387-401.

G. Kaptay: The threshold pressure of infiltration into fibrous preforms normal to the fiber's axes, *Composites Science and Technology*, 2008, vol.68, pp.228-237.

G. Kaptay: A unified equation for the viscosity of liquid metals, *Z. Metallkd.*, 2005, vol.96, pp.24-31.

Kaptay György: Anyagegyensúlyok (makro-, mikro- és nano-méretű rendszerekben). Raszter Nyomda, 2011, 359 oldal, 500 példány.

21. Lényeges hozzájárulások az **acélipari modellszámítások** témakörhöz

Tardy, P, Karoly, G, The future of recent steel making technologies considering the availability of charge materials, *STAHL UND EISEN* 124 : 6 pp. 45-54. , 10 p. (2004)

Tardy, P, Karoly, G, Steel technologies and the growth rate of steel consumption, *METALLURGIA ITALIANA* 97 : 9 pp. 76-82. , 7 p. (2005)

Tardy, P, Demand and arising of ferrous scrap: Strains and consequences, *ARCHIVES OF METALLURGY AND MATERIALS* 53 : 2 pp. 337-343. , 7 p. (2008)

Tardy, P, Demand and supply of ferrous scrap – a changing balance, *STAHL UND EISEN* 133 : 3 pp. 49-57. , 9 p. (2013)

22. Lényeges hozzájárulások az **ultra-tiszta átmenetifémek** témakörhöz

Kékesi, T., Isshiki, M.: Ultra High Purification of Copper Chloride Solutions by Anion Exchange. *HYDROMETALLURGY*, 45 (1997), 345-361.

Kékesi, T., Mimura, K., Ishikawa, Y., Isshiki, M.: Preparation of Ultra-High Purity Copper by Anion Exchange. *METALLURGICAL AND MATERIALS TRANS. B*. 28B, 12 (1997), 987-993

Kékesi, T., Isshiki, M.: Electrodeposition of Copper from Pure Cupric Chloride - Hydrochloric Acid Solutions. *J. APPL. ELECTROCHEMISTRY*, 27, 8 (1997), 982-990.

Kékesi, T., Uchikoshi, M., Mimura, K., Isshiki, M.: Anion-Exchange Separation in Hydrochloric Acid Solutions for the Ultra-High Purification of Cobalt, *METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS B*, 32B, 8, (2001), 573-582

Kékesi, T., Mimura, K., Isshiki, M.: Ultra-High Purification of Iron by Anion Exchange in hydrochloric Acid Solutions, *HYDROMETALLURGY*, 63 (2002), 1-13.

Uchikoshi, M., Yokoyama, N., Kekesi, T., Isshiki, M.: High Purity Cobalt, Method of Manufacturing Thereof, and High purity Cobalt Targets. United States Patent, US 6,740,290 B2, May 25, 2004.

Uchikoshi, M., Yokoyama, N., Kekesi, T., Isshiki, M.: High Purity Iron, Method of Manufacturing Thereof, and High Purity Iron Targets. United States Patent, US 7,279,024 B2, Oct. 9, 2007.

Isshiki, M., Kekesi, T.: High Purity Iron, method of manufacturing thereof, and high purity iron targets, Korean Intellectual Property Office, KIPO, Korean Pat. No. 10-8813816, Márc. 10, 2008.

23. Lényeges hozzájárulások a **polimer kompozitok statisztikus modellezése** témakörhöz

Vas, L.M., Balogh, K.: Investigating damage processes of glass fiber reinforced composites using image processing, *Journal of Macromolecular Sciences Part B – Physics*, B 41, 977-989 (2002)

Nagy V., Vas L.M.: Pore Characteristic Determination with Mercury Porosimetry in staple yarns, *Fibers&Textiles in Eastern Europe*, 13, 21-26 (2005)

Gombos Z., Nagy V., Kostakova E., Vas L.M.: Absorbency behavior of vertically positioned nonwoven glass fiber mats in case of two different resin viscosities, *Macromolecular Symposia Special Issue: Advanced Polymer Composites and Technologies*, 239, 227-231 (2006)

Halász G., Takács M., Vas L.M.: Image processing system for measuring geometrical properties of fibres and yarns, *Fibers&Textiles in Eastern Europe*, 2, 30-33 (1994)

Vas L.M., Császi F.: Use of Composite-Bundle theory to predict tensile properties of yarns, *Journal of the Textile Institute*, 84, 448-463 (1993)

Vas L.M., Rácz Zs.: Modeling and testing the fracture process of impregnated carbon fiber roving specimens during bending part I. Fiber bundle model, *Journal of Composite Materials* 38, 1757-1785 (2004)

Vas L.M.: Strength of unidirectional short fiber structures as a function of fiber length, *Journal of Composite Materials*, 40, 1695-1734 (2006)

Vas L.M., Tamás P.: Modelling method based on idealised fibre bundles. *Plastics, Rubber and Composites* 37, 233-239 (2008)

Molnár K., Vas L.M., Czigány T.: Determination of tensile strength of electrospun single nanofibers through modeling tensile behavior of the nanofibrous mat. *Composites Part B*, 43, 15-21 (2012)

Vas L.M.: *Idealizált statisztikus szálkötegcéllak és alkalmazásuk*. GlobeEdit, Omni-Scriptum GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Deutschland; Beau Bassin, Mauritius, 2017. ISBN 978-620-2-48604-0.

Vas L.M., Kocsis Z., Czigány T., Tamás P., Romhány G.: Novel evaluation method of acoustic emission data based on statistical fiber bundle cells. *Journal of Composite Materials*, 53, 2429–2446 (2019)

Vas L.M., Bakonyi P.: Creep failure strain estimation of glass fibre/polypropylene composites based on short-term tests and Weibull characterisation. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 32, 34-41 (2013)

24. Lényeges hozzájárulások a **képfeldolgozás alapú mechanikai vizsgálatok** témakörhöz

Geršak J., Halász M., Tamás P., Kokas-Palicska L.: *Complex fabric deformation and clothing modeling in 3D*, LAMBERT Academic Publishing, 2013.

Halász M., Tamás P., Graff J., Szabó L.: Computer aided measuring of textile-mechanical parameters, *Materials Science Forum*, 589, 311-316 (2008)

Al-Gaadi B., Halász M., Tamás P.: Textiles dynamically influenced drapability. *Materials Science Forum*, 659, 361-366 (2010)

Al-Gaadi B., Göktepe F., Halász M.: A new method in fabric drape measurement and analysis of drape formation process, *Textile Research Journal*, 82, 502-512 (2012)

Al-Gaadi B., Halász M.: Deformation analysis of composite reinforcing fabrics through yarn pull-out, drape and shear tests, *Fibers and Polymers*, 14, 804-814 (2013)

Hegy D., Halász M., Molnár K., Szabó G., Sipos A.A.: An elastic phenomenological material law for textile composites and its fitting to experimental data, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 36, 1343-1354 (2017)

Wendt E., Krzywinski S., Halász M., Bakonyi P., Tamás P., Bojtos A.: Investigation of shear-induced deformation of reinforcing textiles by optical measurement devices. *Materials*, 12, 1029/18 oldal (2019)

25. Lényeges hozzájárulások a **multifunkcionális anyagok** témakörhöz

Deák T., Czigány T.: Chemical composition and mechanical properties of basalt and glass fibers: A comparison. *Textile Research Journal*, 79, 645-651 (2009)

Czigány T.: Special manufacturing and characteristics of basalt fiber reinforced hybrid polypropylene composites: Mechanical properties and acoustic emission study. *Composites Science and Technology*, 66, 3210-3220 (2006)

Romhány G., Karger-Kocsis J., Czigány T.: Tensile fracture and failure behavior of thermoplastic starch with unidirectional and cross-ply flax fiber reinforcements. *Macromolecular Materials and Engineering*, 288, 699-707 (2003)

Kling S., Czigány T.: Damage detection and self-repair in hollow glass fiber fabric-reinforced epoxy composites via fiber filling. *Composites Science and Technology*, 99, 82-88 (2014)

Hegedűs G., Czigány T.: Analysis of the applicability of optical fibers as sensors for the structural health monitoring of polymer composites: the relationship between attenuation and the deformation of the fiber. *Sensors and Actuators A: Physical*, 272, 206-211 (2018)

Forintos N., Czigány T.: Multifunctional application of carbon fiber reinforced polymer composites: Electrical properties of the reinforcing carbon fibers – A short review. *Composites Part B: Engineering*, 162, 331-343 (2019)

Kmetty Á., Bárány T., Karger-Kocsis J.: Self-reinforced polymeric materials: A review. *Progress in Polymer Science*, 35, 1288-1310 (2010)

Karger-Kocsis J., Bárány T.: Single-polymer composites (SPCs): Status and future trends. *Composites Science and Technology*, 92, 77-94 (2014)

Izer A., Bárány T., Varga J.: Development of woven fabric reinforced all-polypropylene composites with beta nucleated homo- and copolymer matrices. *Composites Science and Technology*, 69, 2185-2192 (2009)

Bárány T., Izer A., Karger-Kocsis J.: Impact resistance of all-polypropylene composites composed of alpha and beta modifications. *Polymer Testing*, 28, 176-182 (2009)

Bárány T., Karger-Kocsis J., Czigány T.: Development and characterization of self-reinforced poly(propylene) composites: carded mat reinforcement. *Polymers for Advanced Technologies*, 17, 818-824 (2006)

Kmetty Á., Bárány T., Karger-Kocsis J.: Injection moulded all-polypropylene composites composed of polypropylene fibre and polypropylene based thermoplastic elastomer. *Composites Science and Technology*, 73, 72-80 (2012)

Bocz K., Bárány T., Toldy A., Bodzay B., Csontos I., Madi K., Marosi Gy.: Self-extinguishing polypropylene with a mass fraction of 9% intumescent additive - A new physical way for enhancing the fire retardant efficiency. *Polymer Degradation and Stability*, 98, 79-86 (2013)

26. Lényeges hozzájárulások a **bioepoxi kompozit anyagok** témakörhöz

Rapi Z., Szolnoki B., Bakó P., Niedermann P., Toldy A., Bodzay B., Keglevich G., Marosi G.: Synthesis and characterization of biobased epoxy monomers derived from d-glucose. *European Polymer Journal*, 67, 375-382 (2015)

Niedermann P., Szabó G., Toldy A.: Novel high glass temperature sugar-based epoxy resins: Characterization and comparison to mineral oil-based aliphatic and aromatic resins. *Express Polymer Letters*, 9, 85-94 (2014)

Niedermann P, Szabenyi G, Toldy A.: Characterization of high glass transition temperature sugar-based epoxy resin composites with jute and carbon fibre reinforcement. *Composites Science and Technology*, 117, 62-68 (2015)

Toldy A, Szolnoki B, Marosi G.: Flame retardancy of fibre-reinforced epoxy resin composites for aerospace applications. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 371-376 (2011)

Toldy A, Szolnoki B, Csontos I, Marosi G.: Green synthesis and characterization of phosphorus flame retardant crosslinking agents for epoxy resins. *Journal of Applied Polymer Science*, 131, 40105 (2013)

Szolnoki B, Bocz K, Marosi G, Toldy A.: Flame retardancy of sorbitol based bioepoxy via combined solid and gas phase action. *Polymers*, 8, 322 (2016)

Toldy A, Niedermann P, Rapi Zs, Szolnoki B.: Flame retardancy of glucofuranoside based bioepoxy and composites made thereof. *Polymer Degradation and Stability*, 142, 62 (2017)

27. Lenyeges hozzajarulasok az **hibrid kompozitok fejlesztese** temakorhoz

Czel G., Wisnom M. R.: Demonstration of pseudo-ductility in high performance glass/epoxy composites by hybridisation with thin-ply carbon prepreg. *Composites Part A*, 52, 23-30 (2013)

Czel G., Jalalvand M., Wisnom M. R.: Design and characterisation of advanced pseudo-ductile unidirectional thin-ply carbon/epoxy-glass/epoxy hybrid composites. *Composite Structures*, 143, 362-370 (2016)

Czel G., Jalalvand M., Wisnom M. R., Czigany T.: Design and characterisation of high performance, pseudo-ductile all-carbon/epoxy unidirectional hybrid composites. *Composites Part B*, 111, 348-356 (2017)

Czel G., Rev T., Jalalvand M., Fotouhi M., Longana M. L., Nixon-Pearson O. J., Wisnom M. R.: Pseudo-ductility and reduced notch sensitivity in multi-directional all-carbon/epoxy thin-ply hybrid composites. *Composites Part A*, 104, 151-164 (2018)

Rev T., Jalalvand M., Fuller J., Wisnom M. R., Czel G.: A simple and robust approach for visual overload indication - UD thin-ply hybrid composite sensors. *Composites Part A*, 121, 376-385 (2019)

Wisnom M., Potter K., Czel G., Jalalvand M.: Strain overload sensor. UK Patent No. GB 2544792B.