

DunaKavics

A Dunaújvárosi Főiskola online folyóirata 2013. I. évfolyam I. szám

Műszaki-, Informatikai- és Társadalomtudományok

GAJZÁGÓ ÉVA

Az innovációs – közvetítő szervezetek tevékenységéről, hatékonyságáról és regionális szerepéről



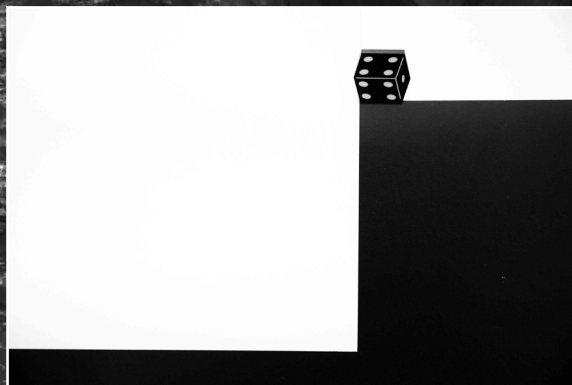
KIRCHNER ISTVÁN

Lineáris egyenletrendszer megoldó iteratív eljárások konvergenciájának gyorsítása

FEKETE BALÁZS



A kisciklusú termomechanikai fáradás folyamatának értékelése



DunaKavics

A Dunaújvárosi Főiskola online folyóirata 2013. I. évfolyam I. szám

Műszaki-, Informatikai- és Társadalomtudományok

MEGJELENIK ÉVENTE 12 ALKALOMMAL

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

András István, Kiss Natália, Rajcsányi-Molnár Mónika,
Talata István, Kukorelli Katalin

SZERKESZTŐSÉG

Ladányi Gábor (Műszaki)
Nagy Bálint (Informatika és matematika)
Szakács István (Gazdaság és társadalom)
Klucsik Gábor (technikai szerkesztő)

Felelős szerkesztő Németh István

Szerkesztőség és a kiadó címe 2400 Dunaújváros, Táncsics M. u. 1/a.

Kiadja DUF Press, a Dunaújvárosi Főiskola kiadója

Felelős kiadó András István, rektor

A lap megjelenését támogatta TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0051

„Tudományos eredmények elismerése és disszeminációja
a Dunaújvárosi Főiskolán”.

<http://dunakavics.duf.hu>

ISSN 2064-5007

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó a Gazdaság és társadalom rovat olvasói számára	6
Absztrakt/ Abstract: Gajzágó Éva – Az innovációs – közvetítő szervezetek tevékenységéről, hatékonyságáról és regionális szerepéről	7
Előszó az Informatika és matematika rovat olvasói számára.....	8
Absztrakt/ Abstract: Kirchner István – Lineáris egyenletrendszer megoldó iteratív eljárások konvergenciájának gyorsítása.....	9
Előszó a Műszaki rovat olvasói számára.....	10
Absztrakt/ Abstract: Fekete Balázs – A kisciklusú termomechanikai fáradás folyamatának értékelése.....	12
Gajzágó Éva – Az innovációs – közvetítő szervezetek tevékenységéről, hatékonyságáról és regionális szerepéről.....	13
Kirchner István – Lineáris egyenletrendszer megoldó iteratív eljárások konvergenciájának gyorsítása	33
Fekete Balázs – A kisciklusú termomechanikai fáradás folyamatának értékelése.....	41
Szerzőink rövid bemutatkozása	64
Introduction of authors	66
Galéria.....	68

Kedves Olvasó!

Első hallásra talán játékosan hangzó nevet választottunk régóta tervezett kiadványunk címéül. A „Dunakavics” név számunkra sokrétű jelentéssel bír.

Az angol nyelv a bölcs mondásokat „pebbles of wisdom” azaz a bölcsességek kövének nevezi, de a kavicsról a filozófia professzor klasszikus példabeszéde is eszünkbe juthat. A professzor hallgatóinak egy üveg feltöltésével illusztrálta az élet értelmét, elmagyarázva azt, hogy a kövekkel látszólag teletöltött üveg tovább tölthető még kavicsokkal és homokkal. A kövek az igazán fontos dolgokat; a családot, a barátokat, az egészséget, míg a kavicsok a munkát, és az otthont szimbolizálják, ellentétben a homokkal, ami a mindennapi apróságokat jelképezi. Ha a homokot töltik be először az üvegbe, nem marad hely a kavicsoknak és a köveknek.

A Dunakavics további asszociációknak is teret biztosít, hiszen eszünkbe juthat róla gyerekkorunk kedvenc édessége is, vagy egyszerűen egy Duna parti séta.

Reméljük, hogy kiadványunkban ki-ki a saját kedve és ízlése szerint válogathat, melyik kavicsot emeli fel a folyópartról. Ilyen sokszínűek vagyunk mi magunk is, és a tudományterületek ilyen széles palettáját kínáljuk olvasóinknak, hogy kedvükre válogassanak.

Dr. András István
rektor

Előszó a *Gazdaság és társadalom* rovat olvasói számára

A Dunakavics folyóirat online kiadása első számának *Gazdaság és társadalom* rovatában egy „divatos” gazdasági fogalom és tevékenység, az innováció-közvetítő szervezetek dunaujvárosi kistérségbeli állapotáról olvashatnak. Az írás *helyzetjelentés*. Aktualitását a gazdasági válság okozta elkerülhetetlen változás mutatja meg egy olyan posztszocialista nehézipari környezetben, ahol a megtelepedett „nyugati” nagyvállalatoknál a helyi vállalkozások beszállítói szerepre törekednek, és ahol hatvan éves műszaki-, gazdasági-, szervezeti- valamint munkakultúrára épülő tudásbázis működik. A kihívás egyértelmű: egyedül a nemzetközi mércével mért és fajsúlyosnak ítélt innovációs mediátorok maradhatnak talpon. A „best practice” nem elég, át is kell alakítani a posztszocialista/vadkapitalista – az én házám az én váram – gazdasági gyakorlatot. Gyanítható, hogy ez a nagyobb feladat!

Az itt olvasható dolgozat kritikus és provokáló. Gajzágó Éva a magyarországi innovációs rendszerek működése kapcsán a dunaujváros kistérségben működő innovációs közvetítő szervezetek nemzetközi gyakorlatától eltérő sajátosságait elemzi a kistérségi kutatási adataira támaszkodva. Figyelemre méltó, ahogy kiemeli a gazdasági élet egyik legfontosabb mozgatórugóját, a kommunikációnak a problémamegoldásban – együttműködésben – betöltött szerepét, majd rávilágít ennek mély hiányára, ami a gazdálkodó szervezetek közötti bizalmatlanságban ölt testet. Az innovációs szervezet meghatározására javasolt definíciójában is a koalíciós szemlélet tükröződik: az eseti – rövid vagy hosszútávú – cél érdekében létrejövő, bizalomra épülő együttműködés hozhatja meg a kívánt eredményt, a magányos ágensek szükségszerűen kevésbé hatékonyak a gazdaság színterén.

Rovatszerkesztőként az a hálás szerep jutott, hogy figyelmükbe ajánljam ezt a dolgozatot. Érdemes észrevenni benne azt az érzékenységet, aminek hiányában ma Ózd, Diósgyőr, Komló már nem az, amire korábban büszke volt. Gajzágó Éva arra hívja fel a figyelmünket, hogy nem szükségszerű egy posztszocialista, ipari monokultúras ipari környezet földcsuszamlásszerű leépülése, ha a társadalmi szereplők között kialakítható a kölcsönös és közös érdekről való kommunikáció.

Gajzágó Éva – Az innovációs – közvetítő szervezetek tevékenységéről, hatékonyságáról és regionális szerepéről

Absztrakt:

A Magyarországon működő innováció-közvetítő szervezetek kialakítása során a fejlett innovációs rendszerrel rendelkező országok jó gyakorlatait vették át. A nemzeti és regionális innovációs rendszerek működése azonban nem egységes; hazánkban olyan jellemző sajátosságokkal bír, amelyek az innovációs közvetítő szervezetekre is hatással vannak. Cikkemben a innovációs – közvetítő szervezetek definiálása után, gyakorlati példán keresztül, egy Dunaújvárosban, 2011-ben végzett, kistérségi szintű, innovációs kutatás eredményeinek és tapasztalatainak elemzésével, arra keresem a választ, hogy ezen a szervezetek működése mennyire hatékony, hogyan illeszkednek ezek a szervezetek egy térség gazdaságába, illetve hogy a térségben lévő gazdasági-társadalmi adottságokhoz igazodva milyen módon kellene változtatni a szervezetek működésén.

Kulcsszavak: innováció, közvetítő szervezetek, hatékonyság, tevékenységek és szolgáltatások

Abstract:

During the foundation of Hungarian innovation intermediary organizations best practices of countries with developed innovation system were adopted. However, national and regional innovation systems are not standardised and have their own attributes in Hungary, which influence innovation intermediary organizations. This paper focuses on the efficiency of innovation intermediary organizations and also reviews the connections of intermediaries with regional and local actors. In the beginning I define the organizations and then analyze their effectiveness and regional and local impact through a specific example of the current situation and innovation potential of a Hungarian middle sized industrial city, the city of Dunaújváros. Based on the result of a local innovation research in 2011 I also try to explain how should the local intermediaries change their process and improve their effectiveness to accommodate local economic and social needs.

Key words: innovation, intermediary organizations, effectiveness, activities and services

Előszó az *Informatika és matematika* rovat olvasói számára

A Dunaújvárosi Főiskola Informatika Intézete számos kutatást folytat. Ezek közül kiemelkedik az agyhullámokból nyerhető elektronikus jelek feldolgozásának kutatása, de munkatársaink jelentős eredményeket értek el a lineáris algebra, a fizikai geodézia és a differenciálegyenletek elmélete terén is.

Minden főiskolai hallgató találkozik lineáris egyenletrendszerek megoldásnak problémájával. A különböző direkt megoldási módszerek mellett az iteratív megoldásokkal is sokan megismerkednek. Kirchner István cikkében eljárást ad a lineáris egyenletrendszereket megoldó iteratív eljárások konvergenciájának gyorsítására. A cikkben egy olyan algoritmust ismerhetünk meg, amely tetszőleges konstansok vektorához az egyenletrendszer egy közelítő megoldását szolgáltatja.

Következő számaink tartalmából:

Kővári, Katona és Ujbányi cikkében az agyhullámok vizsgálatához alkalmazható programot ismerhetünk meg: mind az agyhullámok erősségét mérő egységet, mind a jeleket feldolgozó programot. Az alkalmazás megfelelő alapot nyújt az agyhullámokkal kapcsolatos számos kutatás elvégzéséhez.

Gyorsan oszcilláló függvények numerikus integráljának meghatározására kidolgozott módszert ismertet Fánicsikné Hamar Éva és Tóth Gyula. A szerzők bemutatják, hogyan alkalmazható a Glauser, Liu és Rokhlin algoritmus módosított változata az igen magas foksámú Legendre – függvények első deriváltja zérushelyének kiszámítására.

A közönséges differenciálegyenletek numerikus megoldása mellett gyakran hasznos a megoldások viselkedésének ismerete. Bizonyos paraméteres megadású görbék segítségével osztályozhatók a különböző tulajdonságokkal rendelkező megoldások. Erről szól Szabó Katalin és Nagy Bálint dolgozata.

Kirchner István – Lineáris egyenletrendszer megoldó iteratív eljárások konvergenciájának gyorsítása

Absztrakt:

Eljárást adunk lineáris egyenletrendszereket megoldó iteratív eljárások legtöbbjének konvergencia gyorsítására. Ehhez mindössze egy olyan algoritmus szükséges, amely tetszőleges konstansok vektorához az egyenletrendszer egy közelítő megoldását szolgáltatja.

Kulcsszavak: lineáris egyenletrendszer, lineáris egyenletrendszer megoldása, lineáris egyenletrendszer iteratív megoldása, altér iteráció, konvergencia gyorsítás

István Kirchner – Speeding up convergence of iterative linear equation solver methods

Abstract::

We developed a method for speeding up convergence of most of the iterative solver of linear equations' systems. It uses an algorithm that provides an approximate solution for the arbitrary vector of constants.

Keywords: system of linear equations, solver of linear equations' system, iterative solver of linear equations' system, subspace iteration, speeding up convergence

Előszó a *Műszaki* rovat olvasói számára

„Én úgy vagyok, hogy már százezer éve nézem, amit meglátok hirtelen.”

(József Attila: *A Dunánál*)

A fenti idézet jutott eszembe, mikor a *Dunakavics* folyóirat Műszaki rovatának első számában megjelenő cikk előszavának megírásába belekezdtem. A nyár közeledtével bizonyára mindenki érzi, hogy lassan teljesítőképességének határára ér, elfárad. Fáradtságunkat növeli a munkahelyi feszültség, az állandó igénybevétel és a nyári hőség. A folyamatot természetesnek tartjuk és elfogadjuk, hogy ilyenkor mindenkinek szüksége van egy kis pihenésre, hogy a szabadság után megújulva ismét teljes lendülettel foghasson neki a mindennapoknak.

Hogy mégis hogyan kapcsolódik a fenti gondolatmenet Fekete Balázs most megjelenő írásához? A válasz a műszaki területen tájékozott olvasó számára biztosan világos. Az ismétlődő terhelés és a kedvezőtlen környezeti hatások nemcsak az élő szervezetet viselik meg, de a fáradás jelenségét szerkezeti anyagainkon is megfigyelhetjük. Akárcsak az embernél, szerkezeti anyagainknál is törvényszerű, hogy ha a szerkezetet „túl sokszor terheljük” meg, viselkedése megváltozik, és előbb utóbb elveszti teherviselő képességét, azaz tönkremegy.

A cikk tárgyát képező kisciklusú termomechanikai fáradás a gépészmérnöki gyakorlatban jól ismert nagyciklusú fáradásnál lényegesen bonyolultabb folyamatok mentén játszódik le. A teherviselő képesség csökkenését, az anyag károsodását, nem csak a feszültség szint és az ismétlődési szám befolyásolja. Kisciklusú fáradásról lévén szó a jelenség megértéséhez a feszültség szint helyett a halmozódó képlekeny alakváltozások ismerete szükséges, de fontos tényező a hőmérsékletváltozás és a terhelés- és hőmérséklettörténet viszonya is.

A probléma különlegesnek tűnik, de Fekete Balázs világossá teszi, hogy erőművi nagyenergiájú – magas hőmérsékleten és feszültségi szinten működő – berendezések hosszú távú üzemeltetéséhez, élettartamának becsléséhez, növeléséhez nélkülözhetetlen a kisciklusú termomechanikai fáradás jelenségének megismerése.

A cikk mérnöki alaposággal elemzi ezt, ismerteti a kapcsolódó vizsgálatok kísérleti hátterét és a jelenség leírásával kapcsolatos legfrissebb eredményeket. Teszi ezt úgy, hogy a műszaki érdeklődésű olvasó korábbi ismereteire támaszkodva betekintést nyerhet a fáradás mechanizmusába anélkül, hogy elveszne a matematikai leíráshoz szükséges képletek és összefüggések rengetegében.

A cikk elolvasását bátran ajánlom mindazoknak, akik az előszó elején található idézettel élve, szeretnének meglátni valami, amit már százezer év néznek.

Fekete Balázs – A kisciklusú termomechanikai fáradás folyamatának értékelése

Absztrakt:

A Főiskolánkon folyó „Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása” elnevezésű kutatási munka keretein belül erőműi acélok ciklikus hőmérséklet és mechanikai terhelések hatására bekövetkező károsodásával fogunk foglalkozni. Jelen közlemény célja a kutatómunkát megalapozó irodalomkutatási tevékenységet összefoglalni. Bemutatjuk kisciklusú termomechanikai fárasztóvizsgálat vizsgálati módszereit, a szükséges berendezéseket, a próbatestek változatait. A munka második fele betekintést ad a fáradási kísérletek kiértékelésének módszereiről, az alakváltozás amplitúdóra és az alakváltozási munkára épülő modellekről.

Kulcsszavak: kisciklusú fáradás, termomechanika, anyagvizsgálat

Balázs Fekete – Evaluation of thermomechanical processing on low cycle fatigue

Abstract::

During the “High performance structural materials” research project we are going to deal with the properties and degradation of the structures of the materials which are applied in technology systems of nuclear power plant and which has an important role in the structural integrity of the devices which determine the safety of the power station. In this paper we have summarized the literature review and the theoretical background of this project.

Keywords: low cycle fatigue, thermomechanics, material testing

GAJZÁGÓ ÉVA

Az innovációs–közvetítő szervezetek tevékenységéről, hatékonyságáról és regionális szerepéről

(EGY DUNAÚJVÁROSI EMPIRIKUS KUTATÁS EREDMÉNYEI)

Az elmúlt évtizedekben főként a globalizációs folyamatok hatására az innováció szerepe egyre jobban felértékelődik. Az Európai Unió 2013–20-as stratégiájának az egyik központi eleme az innovációs kapacitás fejlesztése, az innováció eredményességének előmozdítása. Az európai szint mellett nemzeti szinten is hangsúlyosabbá vált az innováció, hiszen a gazdasági válság okozta problémák kezelésében, a gazdasági fejlődés ösztönzésében fontos szerepe van. Az egyes nemzetgazdaságok fejlődésének egyik kulcseleme a gazdasági ágazatok, szervezetek innovációs potenciáljának fejlesztése, amelyet a kormányok az innovációs rendszerek kiépítésével és fejlesztésével támogathatnak. Emellett az invenciók felsőoktatási intézményekből való kikerülésének segítése, illetve bevezetése a vállalati szférába – a tudástranszfer – is fontos feladat. (Nagaoka, Kondo, Flamm, Wessner, 2009)

A nemzetgazdaságokban megnőtt az *innovációs – közvetítő – intermedier – szervezetek jelentősége* is. A közvetítő szervezetek ugyanis olyan tevékenységet végeznek, amelynek középpontjában az együttműködés, a bizalmon alapuló kapcsolatok kiépítése, és ezen keresztül a tudásteremtők és a tudás-felhasználók, a vállalkozások és a kutatók összekapcsolása áll. Az innovációs rendszer, így az innovációs–közvetítő szervezetek működésével kapcsolatban több kérdés is felmerülhet bennünk. Hatékonyan működik-e ez a rendszer, illetve hatékonyan működnek-e a közvetítő szervezetek? Ha nem, vagy csak kevésbé hatékonyak, akkor hogyan lehetne javítani, változtatni a tevékenységükön?

Az innovációs–közvetítő szervezetek működésével, tevékenységeivel és hatékonyságával kapcsolatban több külföldi kutatás és cikk is elérhető. Buzás könyvében (2007) is találunk erre példát – stanfordi és cambridge-i kutatások –, de Stamm (Stamm, 2003) is részletesen ír az angol szervezetek

tevékenységével kapcsolatos felmérések eredményeiről, az amerikai szervezetekről pedig Jain, Triandis és Weick (2010) könyvében olvashatunk. A közvetítő szervezetek, illetve a felsőoktatási intézmények innovációval kapcsolatos tevékenységét Howlet is tárgyalja. (2011) A tevékenységeknek többféle csoportosítását is említi, egyrészt Holi és Wickramasinghe alapján rangsorolja a tudástranszfer feladatokat, másrészt az úgynevezett HE – BCI kutatás (Higher education-business and community interaction survey)¹ kategóriái alapján is csoportba rendezi őket. Ez utóbbi kutatásban évente olyan indikátorok – tevékenységek – szerint elemzik a felsőoktatási szervezetek működését, mint például a kutatási együttműködések száma, a meglévő eszközök és felszerelések alapján kijánlott szolgáltatások mértéke, vagy a benyújtott szabadalmak száma.

A hazai közvetítő szervezetek tevékenységének és működésének hatékonyságával azonban igen kevés empirikus kutatás foglalkozik. Csizmadia és Grosz (Csizmadia, Grosz, 2011) a regionális innovációs hálózatokat vizsgálva ír például az innováció motivációs tényezőiről, az innovációs tevékenységet akadályozó tényezőkről, valamint az innovációs együttműködésekéről és kapcsolatrendszerekről is. Tapasztalataim szerint a hazai szervezetek kialakításakor – az Európai Unió jó gyakorlatait követve – a nyugati, főként európai uniós országok módszereit vették át, a közreműködők tevékenységeit ezek alapján határozták meg. A magyar társadalmi, politikai és gazdasági környezet eltérései azonban sok esetben más tevékenységeket és módszereket igényelnének, így az átvett best practice-ok sok esetben nem hozták meg a megfelelő sikert. Milyen helyi tényezők, adottságok befolyásolják tehát a közvetítők hatékony működését? Hogyan vélekednek a helyi szereplők a szervezetek működéséről? Mi motiválja az innovációs folyamat aktorait a folyamatban való részvételle?

A kérdések megválaszolásában az innovációs rendszer résztvevőinek is-

mereteit és motivációit felmérő, Dunaujváros térségében végzett kutatás van a segítségemre. A kutatás eredményeinek bemutatása előtt azonban tisztázni szeretném, hogy mit értek innovációs – közvetítő szervezetek alatt.

Az innovációs – közvetítő szervezetek definíciója

A szakirodalom szerint az innovációs szervezetek definiálásának kiindulópontja a nemzeti és szubnacionális innovációs rendszerek működésében, illetve a technológiatranszferben, az innováció terjedésében szerepet játszó intézmények tevékenységében keresendő. Buzás cikkében (Buzás N., Lengyel I., *eco.u-szeged.hu*, 2002) a vállalkozások piaci viselkedését, illetve innovációs stratégiáit is összekapcsolja a közvetítő szervezetek feladataival.

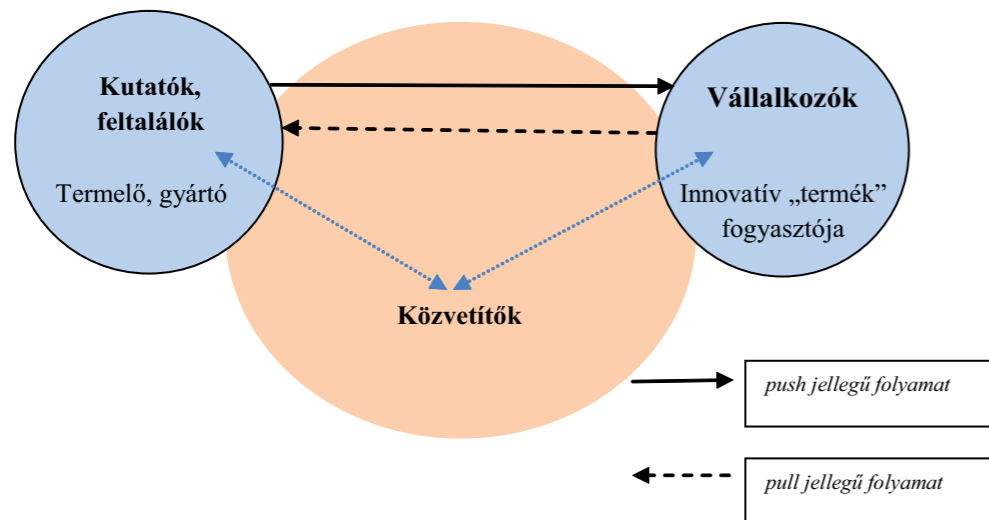
Véleményem szerint az innovációs – közvetítő szervezetek fogalmi magyarázatának sokkal inkább tükröznie kellene az innovációs folyamat szereplőinek tudását, motivációit, tevékenységeit. Fontos tehát, hogy a definíció tartalmazza az innováció emberi oldalának elemeit. A szervezetek fogalmát így nem magából az innovációs rendszerből, hanem inkább az egyes innovációban résztvevő egyénekből lehetne levezetni. Ennek oka a következő: az innovációs szervezetek mindegyike egy piaci, illetve kommunikációs rés, egy tudáshiány miatt jön létre, kialakulásuk és működésük egy bizonyos, az innovációs folyamatban addig meg nem lévő ismeret vagy tudás hiányán alapul. A szervezetek tevékenységükkel, a szervezetekben dolgozó személyek ismeretével, tudásával az innovációs folyamat főbb szereplőinek tevékenységét egészítik ki.

Másrészt az innovációs folyamatot egy speciális piacként is értelmezhetjük, amelyben a kutatók, az invenció létrehozói a termelőknek, illetve a gyártóknak tekinthetők. Az innováció felhasználói a folyamat másik végén állnak, és a fogyasztókat, a vevőket testesítik meg. A két szereplő között helyezkednek el az innovációs – közvetítő szervezetek. Feladatuk hasonló a házasságközvetítőkéhez, hiszen a speciális piac gyártóit és vevőit próbálják „összeházasítani”. A piac specialitása azonban abban is áll, hogy a gyártó és a vevő nagyon különböző nyelven beszélnek, érdekeik és céljaik sokszor teljesen eltérőek. Emiatt a közvetítő szervezetnek ismernie kell őket, meg kell határoznia a motivációikat,

1

<http://www.hefce.ac.uk/whatwedo/kes/measureke/hebci/>

érdekeiket, és akár „több nyelven” is beszélnie kell ahhoz, hogy a folyamat sikeres, zökkenőmentes legyen. Tevékenységében tehát igen nagy szerepe van az emberi tényezőknek, a speciális tudásnak, ismereteknek.



1. ábra. Az innovációs folyamat főbb szereplői

Forrás: saját szerkesztés

Az ábra leegyszerűsített, hiszen nem tartalmaz például olyan elemeket, mint a kutatáshoz fizikai környezetet, laboratóriumokat biztosító intézményt, vagy a már késztermék eladásában közreműködő kis- és nagykereskedőket. A folyamat elemeinek száma emellett függ az innovatív terméktől, a találmánytól, vagy az innovációs környezettől is. A gyártó és a forgalmazó is lehet ugyanaz, a feltaláló is részt vehet a gyártásban, forgalmazásban, vagy közvetlenül juttathatja el a fogyasztóhoz a termékét. Az elemek elhelyezkedését, illetve a nyilak irányát befolyásolja még az innovációs igény felmerülésének helye is (push vagy pull jellegű folyamat). A leegyszerűsítés során szintén nem kapott hangsúlyt az a tény, hogy a folyamatban szereplő résztvevők nem egyenként, hanem *bonyolult hálózatok* elemei-

ként vesznek részt. Egy kutató például több szervezethez, más kutatóhoz kapcsolódhat, vagy több közvetítővel és vállalkozással is kapcsolatban állhat.

Az ábra egyes elemeinek megnevezésével a folyamatban résztvevők egyediségét próbáltam hangsúlyozni, az *egyénre* utalni, ezért nem gyártó vállalatot, vagy termelő céget írtam az egyes szövegdobozokba. Az egyént természetesen nem lehet teljesen elkülöníteni az őt foglalkoztató szervezettől – intézménytől, vállalattól –, ám az innovációban kiemelkedő szerepe van az egyén tudásának, képességének, készségének, ismereteinek, kapcsolatrendszerének, sőt még a személyiségének is, ezért töreksem ennek hangsúlyozására.

Az innovációs szervezetek alatt tehát *olyan egyéneket, csoportokat, szervezeteket, intézményeket értek, amelyek az innováció alapfolyamatához kapcsolódva, illetve abba beágyazódva ismereteikkel, tudásukkal, képességükkel, készségeikkel, kapcsolatrendszerükkel, személyiségjegyeikkel, tevékenységükkel kiegészítik, pótolják az innovációs folyamatban résztvevők hiányzó ismereteit, tudását, képességét, készségeit, személyiségjegyeit és tevékenységét annak érdekében, hogy az innováció tárgya – az innovatív „termék”² – a piaci igényeknek megfelelően jöjjön létre, és eljusson a fogyasztóhoz.*

² A termék szót tágabb értelemben használom, mivel az innováció tárgya nemcsak egy fizikai termék lehet, hanem például szolgáltatás, modell, folyamat, rendszer is.

Innovációs – közvetítő szervezetek Dunaújvárosban

A dunaújvárosi közvetítő szervezetek bemutatásához elsőként szükség lenne a város gazdasági helyzetének részletes bemutatására. Ebben a dolgozatban ettől azonban eltekintek, és inkább a város innovációs potenciáljára helyezem a hangsúlyt.

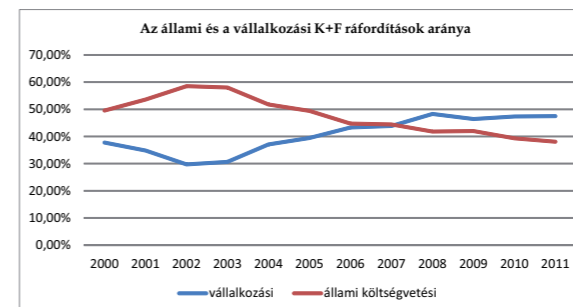
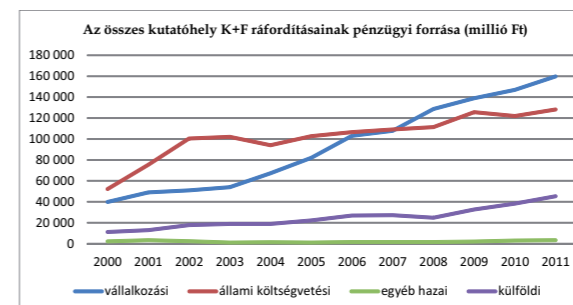
Dunaújváros innovációban betöltött szerepe jelentős, az innovációs potenciál erősítését olyan lehetőségek is befolyásolják, mint az elmúlt években történt infrastruktúrális fejlesztések, vállalati beruházások (M6-os autópálya, Duna-híd, két nagyvállalat beruházása a térségben). Emellett a város és térsége olyan helyi értékekkel is rendelkezik, amelyek előnyt jelenthetnek az egyes városok közötti versenyhelyzetben. Az ipari múltból adódóan fejlett a munkaerő szaktudása, munkamorálja, jelentős a szakmai értelmiségi réteg, illetve a térségben rendelkezésre állnak a kreatív réteg fogadására alkalmas kulturális-, sport- és szórakozási intézmények. Szintén nem elhanyagolható potenciál, hogy a térségben rendelkezésre állnak a területfejlesztéshez szükséges humánerőforrások és tapasztalt szakemberek dolgoznak itt – az innovációs –potenciál biztosításához szükséges emberi tényezők tehát adottak. Ezek a szakemberek pedig megalapozott, jól kidolgozott fejlesztési terveket készítettek, amelyek megvalósítása csakis a politikai érdektől függ.

Az innovációs folyamatok támogatásához szükséges közvetítő intézmények szintén jelen vannak a térségben. Dunaújvárosban jelenleg hat olyan szervezet működik, amelyek tevékenysége valamilyen módon köthető az innovációhoz. Ezek a szervezetek az alábbiak:

- Közép-Dunántúli Regionális Innovációs Ügynökség Dunaújvárosi Alpontja, az M8-Dunahíd Közhasznú Nonprofit Kft.
- Dunaújvárosi Kistérség Innovációs Tanácsa.
- Dunaújváros Főiskola innovációs szervezete az Ecotech Zrt.
- Innopark Közhasznú Nonprofit Kft.
- Dunaújvárosi Kereskedelmi és Iparkamara.

Az M8-DUNAHÍD Közhasznú Nonprofit Kft. a 2008 őszén megalakult Dunaújvárosi Kistérségi Innovációs Tanács munkaszervezete is, de természetesen klasszikus technológia-transzfer feladatokat is ellát. Az Innovációs Tanács aktívan támogatja a helyi innováció fejlődését. Többek között 2009-ben létrehozták az Innovációs Díjat, amelyet évente adnak át a helyi innovatív vállalkozásoknak, rendszeresen szerveznek a témával kapcsolatos konferenciákat, és elkészítették a térség innovációs stratégiáját is. A Dunaújvárosi Főiskola – mint a térségi innováció kulcsszereplője – szintén komoly lépéseket tett az innováció erősítéséért. 2011-ben a főiskolán megalakult Ecotech Zrt. célja, hogy a technológiák fejlesztése és disszeminálása, elterjesztése révén a felsőoktatás és az ipari vállalkozások között hidakat

képező kompetenciákat hozzon létre. A felsorolt szervezetek közül az utolsó kettő, az Innopark Kft. és a Kamara csak közvetve foglalkozik innovációval annak ellenére, hogy az előbbi a nevében is utal az innovációra, utóbbinak pedig a feladatköréhez ez is hozzátartozna. Az Innopark Kft. az ipari parkot üzemelteti a városban.



2. ábra. A K+F ráfordítások alakulása és megoszlása Magyarországon, 2000 és 2011 között

Forrás: KSH adatok alapján³, saját szerkesztés

A Dunaújváros és térségében működő szervezetek tevékenységével kapcsolatban több kérdés is felmerül, illetve számos olyan problémával

³ http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ohk004a.html

szembesülnek, amelyek hátráltatják munkájukat. A város és lakosainak adottságai, képességei pedig olyan lehetőségeket teremtenek az innovációs potenciál fejlesztésre, amelyet a helyi szervezeteknek fel kell tárniuk, erősíteniük, illetve hasznosítaniuk. Ezen problémákat és lehetőségeket próbálom a következőkben összefoglalni.

A köz- illetve állami szférában működő szervezetek – például a főiskola szervezetei, illetve az Inno-park – tevékenységére jellemző, hogy működésükre nagy befolyással bírnak a politikai döntéshozók is. E szervezetek vezetőit sok esetben politikai alapon választják, az illetve a finanszírozás is politikai lobbifüggvénye.

Országos szinten a gazdasági válság, illetve az ezt követő megszorítások miatt az innováció egyre kevesebb állami támogatást kap. A fenti ábrákból is jól kitűnik, hogy az állami költségvetési támogatás helyett a vállalkozói szféra által finanszírozott innovációra helyeződik a hangsúly.

A helyi szinten az innovációval foglalkozók által kiépített szervezetek, kapcsolatrendszer az állami támogatás csökkenésével veszélybe kerülnek. A közhasznúsági elven, nonprofit alapon működő szervezetek nem tudják tovább finanszírozni tevékenységüket, így a vállalkozókkal és kutatókkal való kapcsolattartásuk megszűnhet, a kapcsolati háló felbomolhat.

Enyedi György szerint (1997) a városok és vonzáskörzeteik sikerességét nagymértékben meghatározzák a helyi, specifikus és nehezen újratermelhető tényezők, mint például az előbb említett kapcsolati hálózatok, a tudásalapú innovatív ipari környezet, illetve a lakók szellemi tőkéje, tudáskészlete. A felsorolt elemek szinte mindegyikéhez kapcsolható a dunaújvárosi innovációs – közvetítő szervezetek működése. A helyi specifikus tényezők közül itt kiemelkedő szerepe van a humán tőkének, illetve a munkavállalók speciális helyi attitűdjének – a munkaerő szaktudása, munkamorálja, a jelentős szakmai értelmiségi réteg, illetve kreatív réteg –, amelyre a közvetítő szervezetek a tudástranszfer révén képesek hatni. A kapcsolati tőke szerepe is fontos, hiszen a közvetítő szervezeteknek a helyi és térségi hálózatok, klaszterek kialakulásában jelentős szerepük van. A dunaújvárosi klaszterek kialakításában és működésében többek között a helyi iparkamara és a főiskola játszott nagy szerepet.

A Dunaújvárosban tevékenykedő innovációs szervezetek működésével kapcsolatos egy másik probléma, hogy a köztük lévő munkakapcsolatok esetiek. Nem született köztük olyan formális megállapodás – annak ellenére, hogy ennek előkészítése megtörtént –, amely a szervezetek innovációval

kapcsolatos tevékenységét összehangolná, vagy az innovációs folyamat támogatására vonatkozó együttműködést írta le. A közvetítő szervezetek csak ritkán, informálisan, és általában az egyik szervezet által irányított, kisebb projekteknél (pl. konferenciák szervezése és lebonyolítása) dolgoznak együtt. Az együttműködésre való hajlandóság alacsony, és a kooperáció helyett a versengés jellemző.

Az együttműködés alapja lehetne a piac, illetve a szolgáltatások célcsoportjainak felosztása, hiszen a szervezetek célcsoportja eltérő piaci szegmensekből áll. A főiskolai szervezetek például főként az alkalmazott kutatásban érintettek célozzák meg, a kamara célcsoportja egyértelműen a KKV-k, az innovációs alpon pedig az állami szférában működő szervezetekkel tart fenn jó kapcsolatot. A szegmentálás mellett megoldást nyújthatna még a kompetencia alapú munkamegosztás is, amely az egyes szervezetekben dolgozók szakmai felkészültségére épülne. A kompetencia alapú feladatszerzés emellett a vállalkozások érdekeit is jobban szolgálná. Napjainkban a vállalkozások igénye az egyablakos, rugalmas rendszerek felé tolódik el, szükség van tehát az egyes innovációs képességek, kompetenciák feltárására, vállalkozóknak történő, egységes kijánlására, illetve a vállalkozói igények komplex kielégítésére. A kompetencia alapú munkaszervezés a fentiek mellett csökkenthetné azt a rugalmatlanságot is, amely a felsőoktatási intézmények lineáris szervezeti és döntési struktúrájából ered. Az Ecotech Zrt. például nap, mint nap szembesül azzal a problémával, hogy a vállalkozások azonnali választ várnak kérdéseikre, a felsőoktatási intézményben a döntések azonban igen bonyolult hierarchiában, lassan születnek meg.

4 M8-DUNAHÍD Közhasznú Nonprofit Kft., valamint a Dunaújvárosi Főiskola Innováció Menedzsment Központja
5 Ebben a cikkben csak két célcsoportra, a vállalkozókra és a kutatókra vonatkozó eredményeket ismertetem.

Egy dunaújvárosi innovációs kutatás eredményei

Két dunaújvárosi innovációs – közvetítő szervezet⁴ 2011-ben egy helyi innovációs kutatást folytatott a Dunaújvárosi kistérségben. A problémafeltáró kutatás célja három célcsoport – innovatív helyi vállalkozások, a kutatók, illetve az innovációt finanszírozó szervezetek – bevonásával a célcsoportok innovációval kapcsolatos ismeretinek, motivációjának és az ehhez kötődő kommunikációjának vizsgálata.⁵ Az innovációs folyamat résztvevőinek innovációval kapcsolatos ismereteiből következtetéseket vonhatunk le a helyi közvetítő szervezetek kommunikációjának és kapcsolatteremtő képességének hatékonyságára. A motiváció felmérésével pedig a közvetítő szervezetek jövőbeli, szükséges feladatait vázolhatjuk fel.

A két célcsoportból összesen visszaérkezett kérdőívek száma 131 volt. A felmérés jól tükrözi a kistérséget, hiszen a térségben dolgozó 60 kutató közül 53 (88%) válaszolt, a vállalkozások tekintetében pedig a válaszadók megoszlása szintén a helyi ágazati, méret szerinti, illetve tevékenység szerinti megoszlást mutatja.

A válaszadó 78 vállalkozás adatait az alábbiak szerint foglalhatjuk össze:

- A kutatásban résztvevő vállalkozások többsége mikrovállalkozás volt, és 82,1%-uk a KKV kategóriába tartozik.
- A válaszadó vállalkozások közül a legtöbbet 2000 után alapították.
- A válaszadó vállalkozások legnagyobb része az iparban tevékenykedik.
- A válaszadók 60,3%-a vezető pozícióban dolgozik, tehát az innovációs tevékenységgel kapcsolatos döntésekben meghatározó szerepe van.

A kérdőívet kitöltő kutatók csoportját az alábbiak szerint jellemezhetjük:

- a válaszadó kutatók többsége 31–40 év közötti, és a nők aránya volt köztük a magasabb,
- a legtöbb válaszadó a műszaki tudományok területén tevékenykedik, illetve magas a gazdálkodástudományok és az informatika terén dolgozók aránya is.

A kutatás során az egyik fő cél az innovációs folyamatban résztvevők *innovációval kapcsolatos ismereteinek* felmérése volt. A válaszok alapján a vállalkozások és a kutatók ismerete általánosságban jónak mondható, rendelkeznek ismerettel az innovációval kapcsolatban, ám a tudásuk gyakran bizonytalan, nem konkrét. A válaszadó vállalkozások 3,8%-a nem tudta pontosan, mit jelent az innováció fogalma. Az ismeretek megfelelő minőségét mutatja azonban az, hogy a legtöbb vállalkozó az innovációt tágabb értelemben használja. (Hasonló eredményre jutott egy korábbi kutatásban Bánfi, Boros, Lovas (2011) is. Cikkükben arról írnak, hogy a vállalkozások az innováció definíciójának tágabb értelmezését is ismerik, és többségüknek a piaci újdonság mellett átvett fejlesztést is jelent az innováció.)

A dunaújvárosi kutatásban az innovációval kapcsolatos információk rendelkezésre állását is felmértük. A válaszadók közül a legtöbben – 28,2% – azzal kapcsolatban rendelkeznek információval, hogy milyen finanszírozási forrásokat vehetnek igénybe. A legkevésbé a helyi, térségi kutatási lehetőségeket ismerik, csak 9%-uk jelölte meg ezt a kategóriát. A közvetítő szervezetek számára fontos, hogy a válaszadók negyede tudja, hogy hová fordulhat, ha innovációval, innovációs és kutatás-fejlesztési projektekkel kapcsolatos kérdése, problémája merül fel. A helyi innovációs – közvetítő szervezetek egyik alapvető feladata lenne tehát, hogy megerősítsék a helyi innovációs szereplők innovációval kapcsolatos ismereteit, és tájékoztassák őket a térségi innovációs projektekről, lehetőségekről. Szintén fontos feladat a közvetítő szervezetek marketing tevékenységének erősítése, ismertségük fokozása.

A közvetítő szervezetek ismertségének konkrét elemzésekor fény derült arra, hogy a dunaújvárosi vállalkozások 60,3%-a nem ismer ilyen szervezetet a városban. Csizmadia és Grosz (2011) kutatásukban hasonló eredményre jutottak; az általuk megkérdezett vállalkozásoknak csupán 10%-a nyilatkozott úgy, hogy kapcsolatban áll az innovációt segítő, közreműködő szervezettel. Kutatásukból arra is fény derült, hogy csupán minden ötödik vállalkozásnak van felsőoktatási intézményekkel kapcsolata, innovációs szervezettel pedig csak minden tizedik vállalkozás működik együtt. A felsőoktatási intézmények és a vállalkozások kapcsolatát vizsgálta egy 2008-ban, az olaszországi Piedmontban végzett felmérés is. (Bodas Freitas I. M., Geuna A., Rossi F., 2013) A kutatók által megkérdezett 1052 vállalko-

zás mindösszesen csak 17,7%-ának volt kapcsolata felsőoktatási intézménnyel.

A dunaújvárosi kutatásban kissé eltérő képet adott egy másik kérdés, ahol a vállalkozásoknak a közvetítő szervezetek konkrét listájából kellett választaniuk. Ekkor már csak 22,8%-uk vélte úgy, hogy nem ismer egyetlen szervezetet sem, tehát sokan nem gondolnak innovációs – közvetítő szervezetre a fenti szervezetek esetében. Emellett a válaszadók többségének van valamilyen kapcsolata közvetítő szervezettel; legtöbbször a Kereskedelmi és Iparkamarát jelölték meg partnerként. Ez a kötelező kamarai regisztrációnak is köszönhető. A kamarának tehát nagy előnyt jelent a többi közvetítővel szemben az ismertség.

A dunaújvárosi kutatás során a helyi *innovációs – közvetítő szervezetek fontosságát* és az innovációs folyamatba történő bekapcsolódásuk mértékét is megpróbáltuk felmérni. Összefoglalva az ezekkel kapcsolatos válaszokat a következő eredményre jutottunk.

A helyi vállalkozások, KKV-k többsége erősen kötődik a nagyobb, multinacionális vállalkozásokhoz, így innovációs tevékenységüket is a nagyvállalatok befolyásolják. Ezért nagy részük nem érdeklődik aktívan a helyi innovációs lehetőségek iránt, és elsősorban a finanszírozási lehetőségekkel kapcsolatban szeretnének tájékoztatást kapni. A helyi közvetítőknél tehát egyrészt olyan innovációs projekteket kell ösztönözniük, amelynek célcsoportja a nagyvállalatokkal csak laza kapcsolatban álló, vagy önálló vállalkozások lehetnek. Másrészt pedig a multinacionális cégek beszállítóinak kell olyan innovációs szolgáltatásokat ajánlaniuk, amelyek nem a termékstruktúrát érintik, így nem tartoznak a nagyobb vállalat döntési körébe – például marketing-innováció, HR-fejlesztés, logisztikai innováció, stb.

A felmérésben fény derült arra, hogy a vállalkozások többsége nem ismeri a térségi kutatási projekteket, de szeretné, ha az innovációs – közvetítő szervezetek tájékoztatnák erről. Ez az információ irányt mutathat a közvetítő szervezetek új tevékenységének kialakítására; hatékonyabban kell informálniuk a vállalkozásokat a térségi projektekről, kutatási lehetőségekkel kapcsolatban, és lehetővé kell tenniük a projektekhez való csatlakozásukat is.

Ellentmondást szült, hogy a vállalkozások több mint 51%-a, – főként a KKV-k – nyilatkozott úgy, hogy nem folytat, illetve az elmúlt három évben nem folytatott innovációs tevékenységet. Viszont a

mélyinterjú során, amikor a vevői igényeken alapuló termékfejlesztésről kérdezték őket, már azt hangsúlyozták, hogy igenis fejlesztik a termékeket, a termelési folyamatot, ha szükséges. Vajon a vállalkozók valóban tisztában vannak az innováció fogalmával? A közvetítő szervezeteknek tehát nagyobb hangsúlyt kell fektetniük az innovációval kapcsolatos ismeretek átadására, a tudástranszferre és az oktatásra.

Az innovációs tevékenység hiányát vizsgálva két fő okot sikerült beazonosítanunk: a finanszírozási problémákat, illetve az ötletek hiányát. Ez a két probléma az innovációs – közvetítő szervezetek által kezelhető; a szervezetek képesek összekapcsolni a vállalkozásokat, kutatókat és finanszírozókat, és hatékonyabbá tenni az innovációs folyamatot. Az ilyen szolgáltatások szükségességét a válaszadók azon válaszai is alátámasztják, amelyek a cégen belüli, megfelelő innovációs szakértelem hiányára utalnak – például „nincs, aki foglalkozzon az innovációval”. A közvetítő szervezetek feladata tehát, hogy a vállalkozások ilyen irányú igényeit kielégítsék és egy bizalmi alapokra épülő kapcsolatrendszer kialakításával segítsék a vállalkozások innovációs tevékenységét. A mikro-, kis- és középvállalkozások esetében nem elegendő az innovációval kapcsolatos információk vállalkozáshoz való eljuttatása, hanem rendszeres és személyes együttműködés kiépítésével „tanítani” kell a vállalkozót, bevezetni őt az innovációs folyamatba.

Az innovációs – közvetítő szervezetek *imázsát és ismertségét* indirekt módon, az információforrásra és -igényre rákérdezve is mérni tudtuk a kutatás során. A vállalkozások információforrását vizsgálva például fény derült arra, hogy innovációval kapcsolatos információért csak néhány cég fordul közvetítő szervezethez (a közvetítőket jelölték meg a legkevesebben forrásként). Az innovációs – közvetítő szervezeteknek tehát nagyobb hangsúlyt kell fordítaniuk a marketing tevékenységükre, ezen belül is az imázs és az ismertség alakítására, fejlesztésére.

A válaszadó vállalkozások legnagyobb részben az online médiában szereznek információt az innovációval, a kutatás-fejlesztéssel kapcsolatban. A második legtöbbet megjelölt kategória a személyes, szakmai kapcsolat volt, a hagyományos média pedig a harmadik helyen állt. A személyes kapcsolatok nemcsak az információ megszerzésében játszanak jelentős szerepet, hanem hozzájárulnak a bizalom, és ezen keresztül a kapcsolatrendszer és hálózatok kiépítéséhez is. Egy Dunaújváros méretű vidéki városban a személyes kapcsolatrendszer igen fontos a gazdasági teljesítmény elérésében, így

jelentős szerepük van az innovativitásban is. A helyi közreműködő szervezetek számára elengedhetetlen, hogy feltérképezzék ezeket a kapcsolatokat, és maguk is hatékonyan alakítsák saját kapcsolatrendszerüket. Ezt olyan marketing módszerekkel is támogathatják, mint a direkt marketing vagy a public relations.

Az innovációs – közvetítő szervezetek imázsa, ismertsége a kutatók körében sem megfelelő. Mindössze 22,6%-uk nyilatkozott úgy, hogy van információja a közvetítő szervezetekről. A főiskolai innovációs – közreműködő szervezetnek tehát hatékonyabban kell kommunikálnia a kutatókkal, és erősítenie kell a bizalmat a szervezet és a kutatók között is. A válaszadó kutatók többsége szintén személyes kapcsolatokon keresztül szerez információt a lokális innovációval kapcsolatban, a második legkedveltebb információforrás pedig az online média.

A kutatás során az *innovációs – közvetítő szervezetek innovációs folyamatban betöltött helyét és szerepét* is vizsgáltuk. A helyi kutatók és vállalkozások kapcsolatáról kiderült, hogy nagyon gyenge, illetve nem a kölcsönös bizalmon alapul. A válaszadók legnagyobb része nem vonta be a Dunaújvárosi Főiskolát az innovációs fejlesztésbe, és csak 5 olyan cég volt, akinél a főiskola partnerként jelent meg. Ez a teljes válaszadói csoport mindössze 6,4%-a. A vállalkozások nagy része pedig úgy nyilatkozott, hogy nincs is kapcsolata a főiskola kutatóival. Ez azt mutatja, hogy a helyi közvetítő szervezetek nem tudták sikeresen kialakítani az innovációs folyamat két szereplője közötti kapcsolatot. Az okokat vizsgálva pedig kijelenthetjük, hogy a vállalkozások nehéz gazdasági helyzete ellenére nem a főiskola magas szolgáltatási árai, vagy a kutatók relatív magas bérköltsége jelenti az akadályt, inkább az információ hiánya, illetve a kutatók alkalmasságára vonatkozó bizalom alacsony szintje jelenti a problémát. Az információkat pedig a közvetítő szervezetek segítségével lehet hatékonyan eljuttatni a vállalkozásokhoz, illetve a közvetítők segítségével lehet növelni a bizalmat is.

A Dunaújvárosi kistérségben végzett innovációs – kutatás egyik alapvető célja az innovációs folyamatban résztvevők *motivációinak* felmérése volt. A dunaújvárosi kutatás eredményei sok esetben összecsengenek Csizmadia és Grosz (2011) könyvében leírtakkal. Az általuk vizsgált vállalkozások nagy része például szintén nem a profilváltást jelölte meg motivációs tényezőként, a legjellemzőbb motiváció a hatékonyság, illetve a termékválasztéka növelés volt.

A célcsoportok motivációival kapcsolatban elmondhatjuk, hogy a vállalkozások többségénél – 57 cég – a profit jelentette a legfontosabb szempontot az innovációs tevékenység folytatásában. Szintén jelentős szempontként jelölték meg a cég piaci részesedését, a minőségfejlesztést, illetve a működési hatékonyság növelését. A legkevesebb jelölést a piaci vagy technológiai szükségszerűség, valamint a profilváltás kapta. Az alkalmazottak sikerélményét, az egyéni fejlődést szintén sok vállalkozás nem veszi figyelembe (a válaszadók 42,2%-ának ez a legkevésbé fontos). A KKV szektor innovációban betöltött szerepének problémáira utal, hogy a profilváltás nem, vagy csak nagyon kis mértékben jelent meg a motivációs tényezők között. Ezt figyelembe kell vennünk akkor, amikor az innovációs folyamatba szeretnénk bevonni őket.

Szintén figyelemre méltó eredmény, hogy a válaszadó nagyvállalatok többsége (72%) nem motivált az innovációs partnerkapcsolatok megerősítésében. A térségben jelen lévő, multinacionális vállalatok innovációs döntéseit nem helyi szinten, hanem az anyavállalatnál hozzák meg, így a hazai vállalatok nem érdekeltek a helyi kutatókkal kialakított együttműködések fejlesztésében. Az innovációs – közvetítő szervezeteknek fontos feladata, hogy olyan speciális helyi tényezőket ajánljanak a nagyvállalatok döntéshozóinak, amelyek a helyi együttműködésekre ösztönzik őket.

A kutatást nem végző kutatók motivációs rangsora nem egyezik meg pontosan a kutatásban résztvevők motivációs rangsorával. A publikációs lehetőség például az utolsó előtti helyen szerepel náluk, míg a kutatásban résztvevőknél ez a második. A publikáció, mint motivációs tényező talán azért került hátrébb ezen a listán, mert publikálni csak kutatási eredményt érdemes. Szintén indokolhatja a publikációs igény csökkenését, ha nem az adott kutató, hanem más publikálja egy projekt eredményét.

A kutatói csoport motivációs listáján a legutolsó helyen szerepel a kutatócsoportbeli tagság. Annak ellenére van ez így, hogy a kutatások nagy részét a vállalkozások finanszírozzák, és egy vállalkozás alapvető érdeke lehet, hogy saját szakértői is csatlakozzanak a kutatásokhoz. Az, hogy a kutatók kevésbé értékelik a team-munkát, kihatással lehet egyrészt a kutatási projektekbe való bekerülésük esélyeire, másrészt a már zajló kutatási projektek eredményeire is. A csoportban való együttműködésre negatív hatással lehet a kutatók szakmai féltékenysége, illetve a tapasztalatok megosztását kerülő individualizmusa. Stamm (2003:201) ezt a problémát a következőképpen írja le: „A kutatók talán megértik az együttműködés rációját, de szívük szerint nem vevők rá. Egy kutató számára az együttműködés

a gyengeség jele. A globális innovációban, ahol az együttműködés a legfontosabb, az ilyen hozzáállás jelentős akadályt jelent.”

Következtetések

Az innováció, így az innovációs – közvetítő szervezetek szerepe napjainkban egyre fontosabbá válik nemcsak nemzetközi, hanem nemzeti és lokális szinten is. Egy kisebb helyi társadalomban, mint amilyen Dunaújváros és térségének társadalma, szintén nagy hangsúlyt kell helyezni a kutatásra, az innovációra, illetve az ehhez szükséges emberi erőforrások megtartására, fejlesztésére. Az innovációs – közvetítő szervezetek tevékenységükkel hozzá tudnak járulni ezen célok eléréséhez.

A fent bemutatott kutatás több olyan helyi és az innovációs – közvetítő szervezetekkel kapcsolatos problémát tárt fel, amelyek megoldásával a helyi döntéshozók és a szervezetek vezetői jelentősen javíthatják a térség innovációs potenciálját. Egyfajta megoldást jelenthet a szervezetek közötti együttműködés erősítése, a köztük lévő kapcsolatok fejlesztése. Ahhoz tehát, hogy Dunaújváros és térsége a meglévő lehetőségeket hatékonyan használja ki, hogy a gazdasági válság ellenére sikeres vállalkozásokat vonzzon és tartson meg a térségben, az innovációs szervezeteknek kooperálniuk kell, és hatékonyan kell befolyásolniuk, megszervezniük a térség innovációs tevékenységét.

Az innovációs – közvetítő szervezetek tevékenységére vonatkozó kérdésekre a bemutatott kutatás, illetve a szakirodalmak elemzése alapján az alábbi választ lehet adni: az innovációs – közvetítő szervezetek tevékenységének hatékonysága Dunaújvárosban nem megfelelő. A vállalkozók és a kutatók válaszai alapján kiderült, hogy szükség lenne többek között az innovációs ismeretek megerősítésére, az innovációval kapcsolatos információk célcsoportokhoz való eljuttatására, az innovációs folyamatban résztvevők motivációinak jobb megértésére, illetve az ezen motivációkra épülő stratégiák kidolgozására és végrehajtására. Az innovációs – közvetítő szervezetek tevékenységét tehát módosítani kellene, hogy hatékonyabban reagáljanak az innovációs folyamat szereplőinek igényeire. A kutatás emellett olyan problémák feltárását is elősegítette, amely az innovációs – közvetítő szervezetek ismertségével, illetve nem ismertségével függ össze. Dunaújváros jórészt zárt, egyedi jellemzőkkel bíró társadalma és

gazdasága erősen kötődik a helyi érdekvizonyokhoz, illetve a helyi szereplők személyes kapcsolataihoz. Ezen kapcsolati tőke hatékonyabb kihasználása segítene az innovációs potenciál fejlesztésében is.

A kutatás során olyan további kérdések is felmerültek, amelyek megválaszolása egy nagyobb lélegzetvételű, országos és/vagy régiós felmérést igényel. A későbbi, kiterjesztett kutatás választ adhat arra, hogy hogyan kellene módosítani a közvetítő szervezetek tevékenységét a régiós és nemzeti sajátosságok, valamint az innovációs folyamat résztvevőinek igényei alapján. Szintén kérdéses, hogy a közvetítő szervezetek megfelelő és elegendő forrással, kapacitással rendelkeznek-e a módosítások végrehajtásához, a hatékonyabbá váláshoz.

Irodalom

- Afuah, A. (2003): *Innovation management, Strategies, Implementation and profits*, 2nd ed., New York: Oxford University Press.
- Balázs K. – Török Á (1996.): *Tudás. és technológiatranszfer szervezte és –mechanizmusok a fejlett országokban és az átalakuló Magyarországon*. Összefoglaló tanulmány, Budapest: OMFB.
- Bánfi T. – Boros Á. – Lovas A.: Vállalati vezetők innovációs érzékenysége, szemlélete és szándékaik – egy felmérés tapasztalatai. *Vezetéstudomány*, XLIII. évf. 2012. 3.
- Barta Gy., (Buzás N. – Lengyel I. szerk.) (2002): *Tudományos parkok: intézményesült tudásközösségek a térségfejlesztésben, Ipari parkok fejlődési lehetőségei: regionális gazdaságfejlesztés, innovációs folyamatok és klaszterek*. Szeged: JETEPress 109–124.
- Bodas Freitas I. M. – Geuna A. – Rossi F. (2013): Finding the right partners: Institutional and personal modes of governance of university-industry interactions. *Research Policy*, 42., 50–62.
- Buzás N. (2007.): *Innovációmenedzsment a gyakorlatban* (Innovation management in practice). Budapest: Akadémiai, 360.
- Crawford, C. M. (1991): The DualDrive concept of Product Innovation. *Business Horizons*, 34. vol. 3, May–June, 32–38.
- Csizmadia Z. – Grosz A. (2008): Innovációs folyamatok egy régióban és annak struktúrái. *Tér és Társadalom* 22. évf. 2008/2. 87–102.

- Csizmadia Z. – Grosz A. (2011): *Innováció és együttműködés, a kapcsolathálózatok innovációra gyakorolt hatása*. Pécs–Győr: Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja.
- Deem R. – Hillyard S. – Reed M. (2007): *Knowledge, Higher Education, and the New Managerialism: The Changing Management of UK Universities*. New York: Oxford University Press Inc.
- Enyedi Gy. (1997.): A sikeres város, *Tér és Társadalom*. 1997/4, 1–7.
- Freeman, C. (1987):, *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter, 155.
- Howlet R.J. (2011): *Innovation through knowledge transfer 2010*. Berlin – Heidelberg: Springer.
- Jain R. K. – Triandis H. C. – Weick C. W. (2010): *Managing Research, Development and Innovation: Managing the Unmanageable*. John Wiley & Sons Inc.
- Lengyel I. (2010): *Regionális gazdaságfejlesztés, Versenyképesség, klaszterek és alulról szerveződő stratégiák*. Budapest: Akadémiai.
- Metcalfe A. S.(2006): *Knowledge management and higher education : a critical analysis*. US: Idea Group Inc.
- Nagaoka S. – Kondo M. – Flamm K. – Wessner C. (2009): *21st Century Innovation System for Japan and the United States, Comparative Innovation Policy*. Washington, D.C.: The National Academic Press.
- Rechnitzer J. – Döry T. – Csizmadia Z.: Az ipari parkok innovációs szolgáltatásait segítő intézményi és informatikai rendszerek jellemzői, *Területi Statisztika*, 5. (42.) évfolyam 4. szám, 2002. július.
- Ritzen, J. (2009): *A Chance for European Universities*, Amsterdam: Amsterdam University
- Rohonci S. – Gajzágó G. (2005): Dunaújváros mint interregionális térszervező központ, előadás, (Dunaújváros as an interregional spatial organizing centre, presentation) Szeged: Magyar Regionális Tudományos Társaság Éves Közgyűlése.
- Stamm B. (2003): *Managing Innovation, Design and Creativity*. London: London Business School.
- Trott, P. (2005): *Innovation Management and New Product Development*, Third edition. Edinbourg: Pearson Education

Internetes hivatkozások

- <http://www3.druid.dk/wp/20060017.pdf> (Johnson B., Lehmann M.: Sustainability and Cities as System of Innovation, DRUID Working Paper No. 06–07), letöltés: 2011. 04. 27. 12:30.
- <http://www3.druid.dk/wp/20060006.pdf> (Lundvall B-Å (2002): The University in the Learning Economy), letöltés: 2011. 04. 27. 13:10.

- <http://213.253.134.29/oecd/pdfs/browseit/9205111E.PDF> (Oslo Manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, Third Edition, OECD Publishing, Eurostat., Paris, 2005., 162., Az Oslo Kézikönyv 3. kiadásáról készült háttérelmézés (szerk. Katona József)), letöltés: 2009. 03. 09. 15:15.
- http://www2.eco.u-szeged.hu/region_gazdfejl_szcs/pdf/konyv1/05_TTsz_innov_BN.pdf (Buzás N., Lengyel I. (2002.): Ipari parkok fejlődési lehetőségei: regionális gazdaságfejlesztés, innovációs folyamatok és klaszterek, 5. fejezet: Technológiatranszfer-szervezetek és szerepük az innovációs eredmények terjedésében, SZTE GTK, JATE Press Szeged, 93–108.), letöltés:, 2011. 10. 03. 10:00.

Lineáris egyenletrendszer megoldó iteratív eljárások konvergenciájának gyorsítása

A gyakorlatban előforduló problémák igen nagy hányada vezet lineáris egyenletrendszerre. Ezért fontos a nagyméretű lineáris egyenletrendszerek minél gyorsabb megoldása. Az alábbiakban egy olyan eljárást mutatunk be, amely alkalmas iteratív úton működő lineáris egyenletrendszer megoldások gyorsítására.

Tekintsük az n ismeretlenes

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b} \tag{1}$$

lineáris egyenletrendszert, melynek n -edrendű \mathbf{A} együtthatómátrixa legyen teljes rangú, azaz a feladatnak egy, egyértelmű megoldása van.

Tegyük föl, hogy ismerjük az \mathbf{A} együtthatómátrix egy közelítő inverzét. Jelölje ezt $\hat{\mathbf{A}}$. Ennek felhasználásával az alábbi iteratív eljárást építhetjük föl az \mathbf{x} ismeretlenek vektorának meghatározására. Jelölje \mathbf{x}_i az \mathbf{x} vektor i -edik iterációs lépésben adódó közelítését, \mathbf{v}_i pedig a hozzá tartozó hibavektort ($\mathbf{v}_i = \mathbf{b} - \mathbf{Ax}_i$). Az eljárás kezdő lépése: $\mathbf{x}_0 = \mathbf{0}$, $\mathbf{v}_0 = \mathbf{b}$. Egy közbenső, i -edik ($i \geq 1$) iterációs lépésben számítandó mennyiségek:

$$\mathbf{u} = \hat{\mathbf{A}}\mathbf{v}_{i-1}, \tag{2}$$

$$\mathbf{r} = \mathbf{Au}, \tag{3}$$

$$\mathbf{x}_i = \mathbf{x}_{i-1} + \mathbf{u}, \tag{4}$$

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{v}_{i-1} - \mathbf{r}. \tag{5}$$

Az \mathbf{x}_i vektort például akkor tekinthetjük a feladat megfelelően pontos megoldásának, ha a \mathbf{v}_i hibavektor hossza egy előre meghatározott ε relatív hibánál kisebb. A megoldás tehát akkor elegendően pontos, ha

$$\frac{|\mathbf{v}_i|}{|\mathbf{b}|} < \varepsilon. \quad (6)$$

Ilyen jellegű iterációs eljárás az irodalomból már ismert (Bronstejn I. N. és társai 2002; Galántai, A. 2003; Rózsa P. 1991; Popper Gy. – Csizmás F. 1993); konvergenciájának sebessége, illetve az, hogy egyáltalán konvergál-e az eljárás, természetesen az $\hat{\mathbf{A}}$ közelítő inverz közelítésétől függ.

A következőkben a főnti iterációs gondolatmenet egy módosított változatát mutatjuk be. Az eljárás kezdő (inicializáló) lépése most is: $\mathbf{x}_0 = \mathbf{0}$, $\mathbf{v}_0 = \mathbf{b}$. Egy közbenső, k -adik ($k \geq 1$) iterációs lépés során az alábbi számításokat hajtjuk végre.

A \mathbf{v}_{k-1} hibavektor és a közelítő inverz alapján:

$$\tilde{\mathbf{u}} = \hat{\mathbf{A}}\mathbf{v}_{k-1}, \quad (7)$$

$$\tilde{\mathbf{r}} = \mathbf{A}\tilde{\mathbf{u}}. \quad (8)$$

A (valós) t_j ($j = 1, 2, \dots, k$) lineáris kombinációs együtthatókra nézve végrehajtjuk a következő (föltétel nélküli) optimálást:

$$\min_{(t_1, t_2, \dots, t_k)} \left| \sum_{j=1}^{k-1} t_j \mathbf{r}_j + t_k \tilde{\mathbf{r}} - \mathbf{v}_{k-1} \right|^2. \quad (9)$$

A lineáris kombináció együtthatóit ismerve az \mathbf{u}_j ($j = 1, 2, \dots, k-1$), $\tilde{\mathbf{u}}$ vektorok lineáris kombinációjaként kapjuk az \mathbf{u}_k , míg az \mathbf{r}_j ($j = 1, 2, \dots, k-1$), $\tilde{\mathbf{r}}$ vektorok lineáris kombinációjaként az \mathbf{r}_k vektort:

$$\mathbf{u}_k = \sum_{j=1}^{k-1} t_j \mathbf{u}_j + t_k \tilde{\mathbf{u}}, \quad \mathbf{r}_k = \sum_{j=1}^{k-1} t_j \mathbf{r}_j + t_k \tilde{\mathbf{r}}. \quad (10)$$

Az \mathbf{u}_k és \mathbf{r}_k vektorok közötti összefüggés: $\mathbf{A}\mathbf{u}_k = \mathbf{r}_k$. A k -adik iterációs lépés \mathbf{x}_k közelítő megoldása és a hozzá tartozó \mathbf{v}_k hibavektor:

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{u}_k, \quad \mathbf{v}_k = \mathbf{v}_{k-1} - \mathbf{r}_k. \quad (11)$$

A leállási kritérium alapján dönthetünk az iteráció folytatásáról vagy leállításáról. Az eljárást az 1. ábrán egy folyamatábrával szemléltettük.

Az optimálással az \mathbf{r}_j ($j = 1, 2, \dots, k-1$), $\tilde{\mathbf{r}}$ vektorok által kifeszített altér (k -dimenziós sík) azon pontjának a megkeresése a cél, amely a lehető legközelebb van a \mathbf{v}_{k-1} hibavektor végpontjához, ebbe a pontba fog mutatni az altérben az \mathbf{r}_k vektor. Ezért az iterációs lépés végén számított \mathbf{v}_k hibavektor bizonyosan merőleges lesz a teljes (továbbiakban pásztázó) altérre, így valamennyi \mathbf{r}_j ($j = 1, 2, \dots, k$) vektorra is. A következő iteráció megkezdésekor, k léptetését követően a számított $\tilde{\mathbf{r}}$ vektor tulajdonképpen e pásztázó altér dimenziószámát növeli meg progresszíven eggyel.

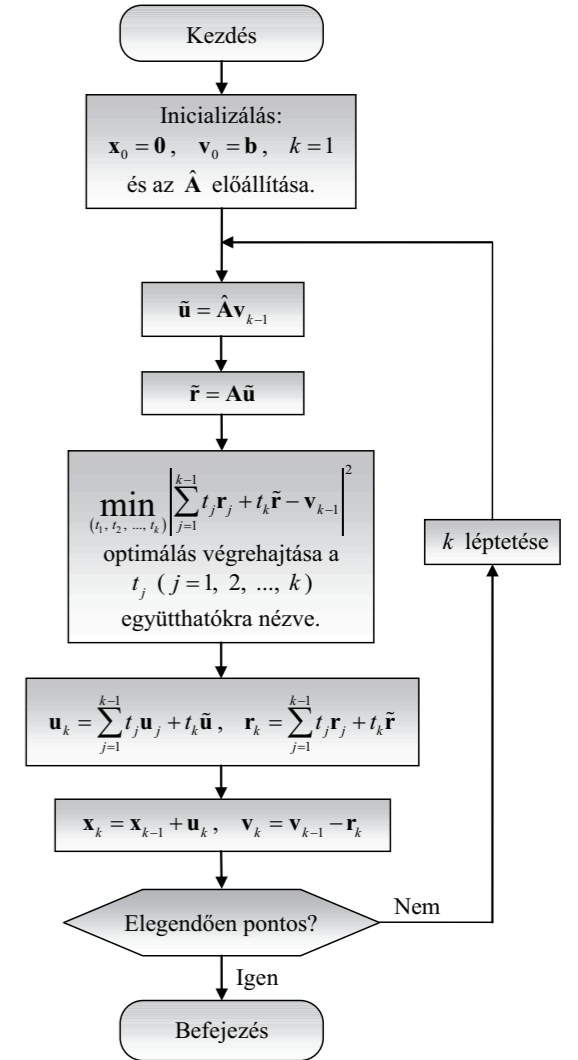
Az \mathbf{r}_k a \mathbf{v}_{k-1} hibavektor pásztázó altérre (k -dimenziós síkra) vonatkozó merőleges vetülete:

$$(\mathbf{v}_{k-1} - \mathbf{r}_k)^\top \mathbf{r}_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, k-1, \quad (12)$$

ahonnan (nem feledve, hogy a korábbiak értelmében $\mathbf{v}_{k-1}^\top \mathbf{r}_j = 0$ ($j = 1, 2, \dots, k-1$))

$$\mathbf{v}_{k-1}^\top \mathbf{r}_j - \mathbf{r}_k^\top \mathbf{r}_j = 0, \quad \text{és így}$$

$$\mathbf{r}_k^\top \mathbf{r}_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, k-1 \quad (13)$$



1. ábra

adódik, ami éppen az \mathbf{r}_k vektor merőlegességét jelenti az összes, őt megelőző \mathbf{r}_j ($j = 1, 2, \dots, k-1$) vektorra, vagyis minden iterációs lépés végén az \mathbf{r}_j ($j = 1, 2, \dots, k$) vektorok a pásztázó altér ortogonális bázisát alkotják.

Egy bekezdés erejéig térjünk vissza az (9) szerinti optimalás végrehajtására. Hamarosan meglátjuk, hogy az optimumhoz tartozó t_j ($j = 1, 2, \dots, k$) együtthatókat zárt alakban is föl fogjuk tudni írni. Ennek érdekében képezzük az

$$F(t_1, t_2, \dots, t_k) = \left| \sum_{j=1}^{k-1} t_j \mathbf{r}_j + t_k \tilde{\mathbf{r}} - \mathbf{v}_{k-1} \right|^2 = \left(\sum_{j=1}^{k-1} t_j \mathbf{r}_j + t_k \tilde{\mathbf{r}} - \mathbf{v}_{k-1} \right) \cdot \left(\sum_{j=1}^{k-1} t_j \mathbf{r}_j + t_k \tilde{\mathbf{r}} - \mathbf{v}_{k-1} \right) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{k-1} t_j r_{ji} + t_k \tilde{r}_i - v_{k-1,i} \right)^2 \quad (14)$$

függvény t_l ($l = 1, 2, \dots, k$) szerinti parciális deriváltjait, majd tegyük azokat nullával egyenlővé:

$$\frac{\partial F}{\partial t_l} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{k-1} t_j r_{ji} + t_k \tilde{r}_i - v_{k-1,i} \right) r_{li} = 0 \quad l = 1, 2, \dots, k-1, \quad (15a)$$

$$\frac{\partial F}{\partial t_k} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{k-1} t_j r_{ji} + t_k \tilde{r}_i - v_{k-1,i} \right) \tilde{r}_i = 0. \quad (15b)$$

Utóbbiakban r_{ji} az \mathbf{r}_j , \tilde{r}_i az $\tilde{\mathbf{r}}$, $v_{k-1,i}$ pedig a \mathbf{v}_{k-1} vektor i -edik koordinátáját jelenti. (15) összefüggéseket rendezve:

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{k-1} t_j r_{ji} r_{li} + t_k \tilde{r}_i r_{li} - v_{k-1,i} r_{li} \right) = 0 \quad l = 1, 2, \dots, k-1, \quad (16a)$$

$$\sum_{j=1}^{k-1} \left(t_j \sum_{i=1}^n r_{ji} r_{li} \right) + t_k \sum_{i=1}^n \tilde{r}_i r_{li} = \sum_{i=1}^n v_{k-1,i} r_{li} \quad l = 1, 2, \dots, k-1, \quad (16a)$$

és ugyanígy:

$$\sum_{j=1}^{k-1} \left(t_j \sum_{i=1}^n r_{ji} \tilde{r}_i \right) + t_k \sum_{i=1}^n \tilde{r}_i \tilde{r}_i = \sum_{i=1}^n v_{k-1,i} \tilde{r}_i. \quad (16b)$$

(16) skaláris szorzatokkal fölírva:

$$\sum_{j=1}^{k-1} t_j \mathbf{r}_j^T \mathbf{r}_l + t_k \tilde{\mathbf{r}}^T \mathbf{r}_l = \mathbf{v}_{k-1}^T \mathbf{r}_l \quad l = 1, 2, \dots, k-1, \quad (17a)$$

$$\sum_{j=1}^{k-1} t_j \mathbf{r}_j^T \tilde{\mathbf{r}} + t_k \tilde{\mathbf{r}}^T \tilde{\mathbf{r}} = \mathbf{v}_{k-1}^T \tilde{\mathbf{r}}. \quad (17b)$$

(17) egy lineáris egyenletrendszer t_j ($j = 1, 2, \dots, k$) ismeretlenekkel. Részletesen:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{r}_1^T \mathbf{r}_1 & \mathbf{r}_2^T \mathbf{r}_1 & \mathbf{r}_3^T \mathbf{r}_1 & \dots & \tilde{\mathbf{r}}^T \mathbf{r}_1 \\ \mathbf{r}_1^T \mathbf{r}_2 & \mathbf{r}_2^T \mathbf{r}_2 & \mathbf{r}_3^T \mathbf{r}_2 & \dots & \tilde{\mathbf{r}}^T \mathbf{r}_2 \\ \mathbf{r}_1^T \mathbf{r}_3 & \mathbf{r}_2^T \mathbf{r}_3 & \mathbf{r}_3^T \mathbf{r}_3 & \dots & \tilde{\mathbf{r}}^T \mathbf{r}_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{r}_1^T \tilde{\mathbf{r}} & \mathbf{r}_2^T \tilde{\mathbf{r}} & \mathbf{r}_3^T \tilde{\mathbf{r}} & \dots & \tilde{\mathbf{r}}^T \tilde{\mathbf{r}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ \dots \\ t_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{k-1}^T \mathbf{r}_1 \\ \mathbf{v}_{k-1}^T \mathbf{r}_2 \\ \mathbf{v}_{k-1}^T \mathbf{r}_3 \\ \dots \\ \mathbf{v}_{k-1}^T \tilde{\mathbf{r}} \end{bmatrix}. \quad (18)$$

Itt fölhasználjuk a korábban már bebizonyítottakat, miszerint $\mathbf{v}_{k-1} \perp \mathbf{r}_i$, vagyis

$$\mathbf{v}_{k-1}^T \mathbf{r}_i = 0, \quad \text{ha } i = 1, 2, \dots, k-1, \quad (19)$$

továbbá $\mathbf{r}_i \perp \mathbf{r}_j$, és így

$$\mathbf{r}_i^T \mathbf{r}_j = 0, \quad \text{ha } i, j = 1, 2, \dots, k-1 \quad \text{és } i \neq j. \quad (20)$$

Ezeket kihasználva az (18) lineáris egyenletrendszer jelentősen egyszerűbb, speciálisabb szerkezetű lesz, úgynevezett nyílhegy alakú szimmetrikus együtthatómátrixszal:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{r}_1^\top \mathbf{r}_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \tilde{\mathbf{r}}^\top \mathbf{r}_1 \\ 0 & \mathbf{r}_2^\top \mathbf{r}_2 & 0 & \dots & 0 & \tilde{\mathbf{r}}^\top \mathbf{r}_2 \\ 0 & 0 & \mathbf{r}_3^\top \mathbf{r}_3 & \dots & 0 & \tilde{\mathbf{r}}^\top \mathbf{r}_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \mathbf{r}_{k-1}^\top \mathbf{r}_{k-1} & \tilde{\mathbf{r}}^\top \mathbf{r}_{k-1} \\ \mathbf{r}_1^\top \tilde{\mathbf{r}} & \mathbf{r}_2^\top \tilde{\mathbf{r}} & \mathbf{r}_3^\top \tilde{\mathbf{r}} & \dots & \mathbf{r}_{k-1}^\top \tilde{\mathbf{r}} & \tilde{\mathbf{r}}^\top \tilde{\mathbf{r}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ \dots \\ t_{k-1} \\ t_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ \mathbf{v}_{k-1}^\top \tilde{\mathbf{r}} \end{bmatrix}. \quad (21)$$

E fölépítés lehetőséget ad a t_j ($j=1, 2, \dots, k$) ismeretlenek közvetlen fölírására. Az első $k-1$ egyenletből:

$$t_j = -t_k \frac{\tilde{\mathbf{r}}^\top \mathbf{r}_j}{\mathbf{r}_j^\top \mathbf{r}_j} \quad j=1, 2, \dots, k-1, \quad (22)$$

míg a k -adik egyenlet, (22) fölhasználásával:

$$-t_k \sum_{j=1}^{k-1} \frac{(\tilde{\mathbf{r}}^\top \mathbf{r}_j)^2}{\mathbf{r}_j^\top \mathbf{r}_j} + t_k \tilde{\mathbf{r}}^\top \tilde{\mathbf{r}} = \mathbf{v}_{k-1}^\top \tilde{\mathbf{r}},$$

amelyből

$$t_k = \frac{\mathbf{v}_{k-1}^\top \tilde{\mathbf{r}}}{\tilde{\mathbf{r}}^\top \tilde{\mathbf{r}} - \sum_{j=1}^{k-1} \frac{(\tilde{\mathbf{r}}^\top \mathbf{r}_j)^2}{\mathbf{r}_j^\top \mathbf{r}_j}}. \quad (23)$$

Tehát az optimumhoz tartozó t_j ($j=1, 2, \dots, k$) lineáris kombinációs együtthatók számítása lineáris egyenletrendszer megoldása nélkül végrehajtható. Először az (23) szerint t_k , majd ezt követően,

ennek fölhasználásával a többi t_j ($j=1, 2, \dots, k-1$) kombinációs együttható határozható meg az (22) alapján.

Az eljárás szempontjából érdektelen az $\hat{\mathbf{A}}$ közelítő inverz fölépítése, pontosabban a \mathbf{v}_{k-1} aktuális hibavektorhoz tartozó $\tilde{\mathbf{u}}$ közelítő megoldás fölvétele. Ennek köszönhető, hogy a gyorsító eljárás a legkülönbözőbb iterációs alapon működő lineáris egyenletrendszer-megoldó algoritmushoz, pl. Traub, J. F. (1964) kiegészítő eljárásaként használható. Ezen algoritmusnak mindössze egyetlen kritériumnak kell megfelelnie: az aktuális $\tilde{\mathbf{u}}$ közelítő megoldás alapján számított $\tilde{\mathbf{r}} = \mathbf{A}\tilde{\mathbf{u}}$ vektor nem szabad, hogy merőleges legyen a \mathbf{v}_{k-1} hibavektorra.

A kidolgozott eljárást, annak tesztelése érdekében három különböző iteratív eljárással építettük össze. Az első esetben a közelítő inverz mátrixot $\hat{\mathbf{A}} = \mathbf{D}\mathbf{A}^\top$ alakban vettük föl, ahol a \mathbf{D} diagonálmátrix rendre az \mathbf{A} oszlopvektorai hossz négyzeteinek reciprokait tartalmazza. (Ez a közelítő inverz akkor egyezik meg a ténylegessel, ha az \mathbf{A} oszlopai mint vektorok páronként merőlegesek egymásra.) Az eljárást a konvergencia érdekében még ki kellett egészíteni egy 1-dimenziós pásztázó altérrel. Ez volt az első iteratív algoritmus, amit többdimenziós pásztázó altérrel egészítettünk ki. A második iteratív algoritmus a gradiens-módszer, míg a harmadik a konjugált irányok módszere volt. Az 1. táblázatban foglaltuk össze a kapott eredményeket. A táblázat három lineáris egyenletrendszer megoldásához szükséges iterációk számát tartalmazza. Szürkével látható az eredeti iterációs eljárások használata esetén szükséges iterációk száma, míg feketével a pásztázó altér alkalmazásával fölgyorsított eljárások által igényelt iterációk száma a kellően pontos megoldás eléréséhez. A közelítő megoldást 10^{-5} -nél kisebb relatív hiba esetén tekintettük elegendően pontosnak. Az együtthatómátrix mindhárom esetben pozitív definit, az ismeretlenek száma pedig rendre 75 (első sor), 921 (második sor) és 2643 (harmadik sor). A pásztázó altér maximális dimenziószámát 300-ban határoztuk meg, melyet jól láthatóan csak egy esetben értünk el, hiszen mindössze egy helyen találunk a táblázatban 300-nál nagyobb fekete számot.

n ismeretlenek száma	Szükséges iterációk száma					
	$\hat{A} = \mathbf{DA}^\top$ 1-dimenziós páztázó altérrel	$\hat{A} = \mathbf{DA}^\top$ max. 300-dimenziós páztázó altérrel	Gradiens- módszerrel	Gradiens-módszer max. 300-dimenziós páztázó altérrel	Konjugált irányok módszerével	Konjugált irányok módszere max. 300-dimenziós páztázó altérrel
75	12674	→ 20	20956	→ 24	27	→ 24
921	14697	→ 232	89562	→ 66	98	→ 66
2643	45481	→ 545	9987	→ 146	273	→ 146

1. táblázat

A bemutatott gyorsító eljárást használva a futtatási tapasztalatok alapján elmondható, hogy 50–100 ismeretlen esetén az egy iteráción belüli futásidő növekedés 5–10 %, ami néhány ezer ismeretlen esetén lecsökken 1–3 %-ra, míg ennél több ismeretlent tartalmazó lineáris egyenletrendszerre nézve elhanyagolható. Ez pedig azt jelenti, hogy néhány ezer ismeretlen fölött a szükséges iterációk számának csökkenési aránya jó közelítéssel a megoldáshoz szükséges tényleges időcsökkenés arányát is reprezentálja. Tehát túlzások nélkül kijelenthetjük, hogy *e cikkben ismertetett eljárás a legtöbb esetben megdöbentően hatékony.*

Irodalom

- Bronstejn I. N. – Szemengyajev K. A. – Musiol G. – Mühlig H. (2002): *Matematikai kézikönyv*. Budapest: TypoTEX Kiadó.
- Galántai, A. (2003): *Projection Methods for Linear and Nonlinear Equations*. MTA doktori értekezés, Miskolc.
- Rózsa P. (1991): *Lineáris algebra és alkalmazásai*. Budapest: Tankönyvkiadó.
- Popper Gy. – Csizmás F. (1993): *Numerikus módszerek mérnököknek*. Budapest: TypoTEX Kiadó.
- Traub, J. F. (1964): *Iterative Methods for the Solution of Equations*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

FEKETE BALÁZS

A kisciklusú termomechanikai fáradás folyamatának értékelése

Bevezetés

A legtöbb gépészeti szerkezetünket úgy méretezzük, hogy annak anyagában a folyáshatár biztonsági tényezővel csökkentett értékénél nagyobb igénybevétel ne jöhessen létre. Ennek ellenére elkerülhetetlen olyan lokális feszültséggyűjtő helyek kialakulása, melyekben az előre nem ismert járulékos terhelések hatására bizonyos mértékű képlékeny alakváltozás lép fel. Ilyen helyek lehetnek például a hirtelen keresztmetszet-változások, hegesztési varratok környezete, furatok, vagy a berendezés olyan részei, melyben bizonyos időtartamra olyan inhomogén hőmérsékletmező alakul ki, amely jelentős feszültséget okoz a szerkezet anyagában, és amellyel a méretezésnél nem számoltunk. Ha ezen kritikus helyeken a képlékeny alakváltozás csak egyszer jön létre, akkor annak mértékétől függően a feszültségmező átrendeződésével és az ezen hely környezetében lévő magas feszültség gradiens leépülésével az anyag teherbíró képessége növekedhet a képlékeny keményedés által. Azonban ha ezek a méretezés során elhanyagolt folyáshatár feletti igénybevételek többször megismétlődnek, az anyag mikroszerkezete az ismétlődő képlékeny alakváltozás hatására megváltozik, benne repedések keletkeznek és terjednek. Ez a folyamat végül a szerkezeti integritás megszűnéséhez, azaz repedéshez, majd töréshez vezet. A fent leírt jelenséget nevezi a szakirodalom kisciklusú fáradásnak.

Jelölések			
$\Delta\varepsilon_p$	képlékeny alakváltozás tartomány	ΔW^p	képlékeny aláváltozási munka
$\Delta\varepsilon_e$	rugalmas alakváltozás tartomány	$a, \alpha, \beta, B_0, T_k$	anyagállandók
$\Delta\sigma$	feszültségtartomány	ν	vizsgálati frekvencia
E	rugalmassági modulus	N_f	tönkremeneteli ciklusszám
$R_{p0.2/20}$	20 °C-on mért folyáshatár	m	keményedést kifejező szám
n	ciklikus keményedési kitevő		

A Főiskolánkon folyó „Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása” elnevezésű kutatási munka keretein belül erőműi acélok ciklikus hőmérséklet és mechanikai terhelések hatására bekövetkező károsodásával fogunk foglalkozni. Jelen közlemény célja a kutatómunkát megalapozó irodalomkutatási tevékenységet összefoglalni.

A kis és nagyciklusú fáradás közötti határátmenetről

Fontos megemlíteni, hogy a kisciklusú és a nagyciklusú fáradás tönkremeneteli ciklusszáma között általánosan nem húzódik éles határvonal és a kétféle károsodási mód valódi fizikai tartalmát nem az elnevezésükben kell keresni. Míg a nagyciklusú fáradás főként arányossági határon belüli feszültség-szinten jelentkezik, addig kisciklusú fáradásról csak akkor beszélhetünk, ha az anyagban – ciklusonként – jelentős mértékű képlékeny alakváltozás is fellép. Coffin (1974) cikkében bevezeti az átmeneti kifáradási élettartam (N_{tr}) fogalmát. Ez alatt az adott anyagminőség fázisvizsgálata során mért azon ciklusszámot érti, mely egyenlő mértékű rugalmas és képlékeny alakváltozás mellett okoz tönkremenetelt, tehát:

$$\Delta\varepsilon_p = \Delta\varepsilon_e.$$

A további elemzéshez be kell vezetnünk a hiszterézis-hurok fogalmát, mely alatt a fázisvizsgálatok során rögzített nyúlás-feszültség görbéket értjük (1. ábra). Ezt a későbbiekben részletesen bemutatjuk. Adott vizsgálat esetén a kifáradási módra a hiszterézis hurok alakjából következtethetünk. Amennyiben a görbe széles és nagy területet foglal körül, ebben az esetben fennáll:

$$\Delta\varepsilon_p \gg \Delta\varepsilon_e,$$

ezért kisciklusú fáradásról van szó a jelentős képlékeny alakváltozás következtében. Ha görbe által határolt terület kicsi és a diagram alakja „karcsú”:

$$\Delta\varepsilon_p \ll \Delta\varepsilon_e,$$

ebben az esetben nagyciklusú fáradás lép fel, mivel az aláváltozás döntő mértékben rugalmas. A fenti két eset közül az első az átmeneti kifáradási élettartam alatti ciklusszám mellett, míg a második az átmeneti kifáradási élettartam feletti ciklusszám esetén okoz tönkremenetelt. Ezek alapján az adott anyag fáradási viselkedésére az anyagra vonatkozó (N_{tr}) paraméterből következtethetünk. Általánosan kijelenthető, hogy alacsonyabb folyáshatárú anyagok átmeneti kifáradási élettartama magasabb, mint a jobb szilárdsági tulajdonságokkal rendelkezőké. Ez könnyen belátható, mivel adott teljes alakváltozáshoz ($\Delta\varepsilon$) alacsony folyáshatárú anyagnál magas képlékeny feszültség-szint tartozik, mely a hiszterézishurok területét növeli, ezáltal kis $\Delta\varepsilon$ - és magas ciklusszám - mellett fog teljesülni a $\Delta\varepsilon_p = \Delta\varepsilon_e$ egyenlőség.

További fontos különbség figyelhető meg a kétféle kifáradási mód között. A kisciklusú fáradás során keletkező jelentős képlékeny alakváltozások miatt, már a kifáradás korai szakaszában – feszültség-szinttől függően akár az első pár ciklusban – keletkeznek mikrorepedések, így a kisciklusú fáradás során a repedésterjedés dominál. A kis alakváltozás mellett végbemenő nagyciklusú fáradás esetén, ezzel ellentétben a repedések keletkezése megy végbe a kifáradási folyamat jelentős részében. A nagyciklusú fáradás során megfigyelhető alakváltozás-ciklusszám-kapcsolatot a rugalmas aláváltozás esetén érvényes Basquin összefüggés írja le:

$$\Delta \varepsilon_e = \frac{\Delta \sigma}{E} = \frac{B}{E} N_f^{-\beta}$$

A kisciklusú fáradás leírásának egyik lehetséges módja a Coffin-Manson-modell mely a képlékeny alakváltozás tartomány ($\Delta \varepsilon_p$) és a törési ciklusszám (N_f) között teremt kapcsolatot, és amellyel a későbbi fejezetekben részletesen foglalkozunk:

$$\Delta \varepsilon_p = C \cdot N_f^{-\alpha}$$

Jelen fejezetben azért említjük mivel a teljes alakváltozás-ciklusszám kapcsolatának leírása a fentiek összege:

$$\Delta \varepsilon = \Delta \varepsilon_e + \Delta \varepsilon_p = \frac{B}{E} N_f^{-\beta} + C \cdot N_f^{\alpha}$$

A kisciklusú termomechanikai fáradás előfordulása a gépészetben

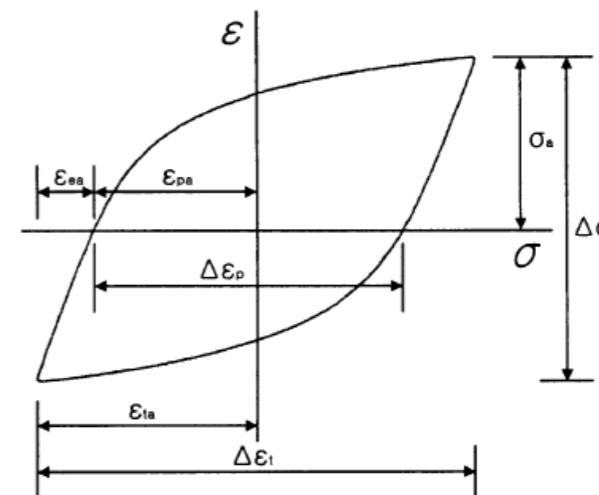
Az energiaipari, vegyipari nyomástartó edények és csővezetékek rendszerint jelentős nyomás- és hőmérsékletváltozásnak vannak kitéve. Még a statikus üzeműnek tekintett készülékek igénybevétele is nagymértékben változik indításkor és leálláskor, fűtéskor és hűtéskor, meleg vagy hideg közeg betáplálásakor. Ezek a járulékos feszültségek sokszor jóval nagyobbak a tervezett üzemi feszültségeknél és gyakran okoznak kisciklusú fáradást (Nagy, 1999):

- Hideg vagy meleg közeg gyors betáplálása.
- Indításkor, leálláskor fellépő nyomás- és hőmérsékletváltozások okozta feszültség.
- Rezgésből származó feszültségek.
- Hirtelen szellőkésekből származó járulékos feszültségek.
- Kapcsolódó alkatrészek különböző hőtágulási együtthatói okozta feszültségek (pl. plattírozott nyomástartó edények, armatúrák).

Vizsgálati módszerek

Vizsgálattechnikai kérdések

A szerkezeti anyag kisciklusú fáradása során a feszültség és az alakváltozás között a kapcsolat nem lineáris. El kell azt dönteni, hogy a vizsgálatok során melyiket tartjuk állandó értéken, vagyis a feszültség- vagy az alakváltozásamplitúdó legyen-e a konstans paraméter. Ha a folyamatot a feszültség-alakváltozás-koordináta-rendszerben ábrázoljuk, az 1. ábrán látható hiszterézisgörbét kapjuk. Amennyiben megvizsgáljuk az anyag makroszkopikus válaszát a fellépő terhelésekre megállapíthatjuk, hogy az alakváltozás először a Hooke-törvény szerinti rugalmas viselkedést mutat.



1. ábra. Hiszterézis görbe

A terhelőerőt tovább növelve megjelenik a képlékeny alakváltozás, azaz a terhelést megszüntetve maradó nyúlást észlelünk. Amennyiben a próbatest eredeti méretét szeretnénk visszakapni, nyomófe-

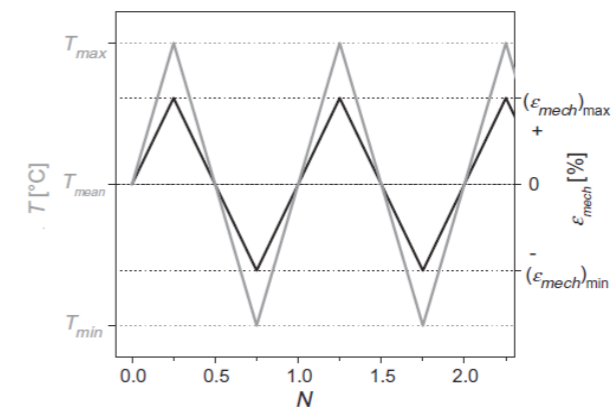
szükséget kell létrehozunk a darabban. Ha ezt a terhelést tovább növeljük, a próbatest rövidül, az eredeti alak eléréséhez újra húzó igénybevétellel kell terhelnünk a darabot. Mint azt már említettük, a kisciklusú fáradás során a feszültség és az alakváltozás között a kapcsolat erősen nemlineáris, nagy alakváltozások jönnek létre, ezért a feszültség állandó értéken tartása sok körültekintést és bonyolult vizsgálattechnikát igényelne. A fentiek miatt a kisciklusú fáradás vizsgálatát állandó nyúlásamplitúdó mellett végzik. Ilyenkor az egyes ciklusokban, a feszültség értéke változik – növekszik vagy csökken – annak megfelelően, hogy a vizsgálati anyag felkeményedik vagy lágyul az ismételt igénybevétel hatására. További fontos vizsgálattechnikai kérdés a hőmérséklet és a mechanikai terhelések kapcsolata. A szakirodalomban található legtöbb kutatás atomeróműi berendezések esetén állandó hőmérsékleten végzett fáradásra irányult (*IF – Isothermal Fatigue*). Ezekben a berendezésekben az indítások és leállítások, valamint az üzem közben fellépő hőmérsékletingadozások miatt, nem csak a belső nyomásból származó feszültségek, hanem a hőmérséklet-tranziensek következtében fellépő hőfeszültségek is jelentős szintet érhetnek el. A kisciklusú fáradást vizsgálat során állandó hőmérsékleten végzett fáradással ezeket figyelmen kívül hagyjuk. A valós üzemi körülményeket jobban közelítő termomechanikai fáradást vizsgálatokkal lehetőség nyílik a mechanikai ciklusoktól független hőmérsékleti ciklusokat működtetni a próbatestre egyidőben, így a berendezés tényleges terhelése pontosabban modellezhető. Ez történhet olyan ütemben, hogy a hőterhelés és a mechanikai terhelés „fázisban” van (*IP- In Phase Test*), vagy a hőmérséklet és a nyúlásamplitúdó a ciklus során ellentétes előjelű (*OP – Out of Phase Test*). A fenti három vizsgálati módra a továbbiakban alkalmazzuk az alábbi terminológiákat:

- Izotermikus fáradást vizsgálat.
- Szinkron termomechanikai fáradást vizsgálat.
- Aszinkron termomechanikai fáradást vizsgálat.

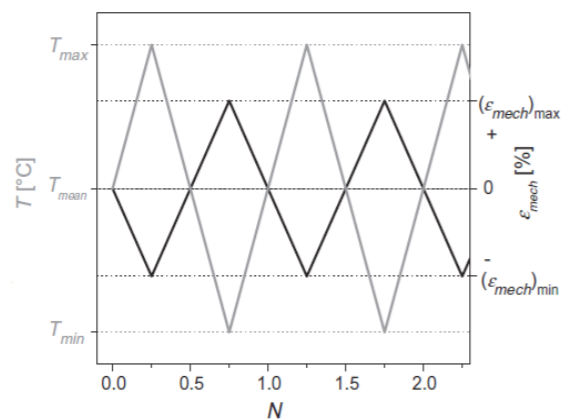
A hőmérséklet és a mechanikai nyúlás a ciklusszám függvényében a 2-3. ábrán látható.

A vizsgálati körülmények tárgyalásánál nem hagyhatjuk ki a vizsgálati frekvencia hatását sem. Lehofer (2004) cikkében levezette, hogy a kisciklusú fáradás során az anyagi és a vizsgálati paraméterek hogyan befolyásolják a feszültség-amplitúdót:

$$\sigma_A = \left\{ \left[\frac{1}{a} \ln \left(2 - \frac{T}{T_k} \right) \right]^{\frac{1}{n}} R_{p0.2/20} + \frac{R(T_k - T)}{B_0} \ln \frac{\dot{\epsilon}_{a/T}}{\dot{\epsilon}_{f/T}} \right\} \left(\frac{\epsilon_{ap/T}}{2,002} \right)^n$$

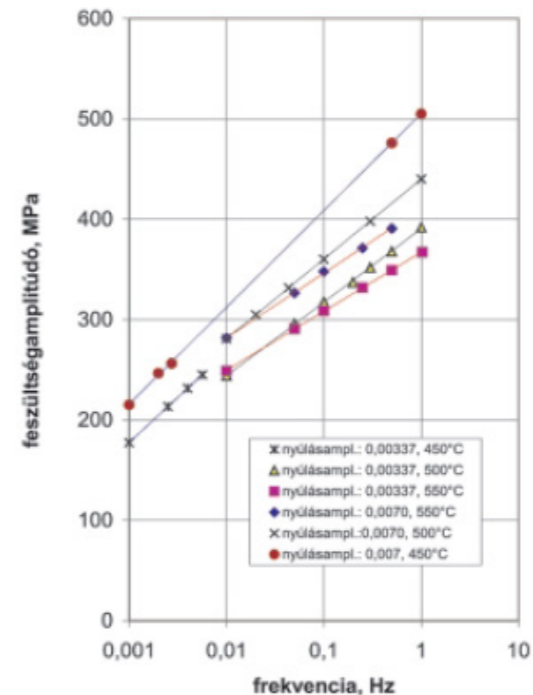


2. ábra. Szinkron termomechanikai fáradást vizsgálat



3. ábra. Aszinkron termomechanikai fárasztóvizsgálat

Mivel látható, hogy a képletben szerepel a nyúlássebesség is, ebből következik, hogy a feszültség-amplitúdó az $\varepsilon(t)$ vezérlő függvény frekvenciájától függ. Ezzel belátható, hogy az $\varepsilon(t)$ frekvenciájától függően a kisciklusú fárasztás más-más feszültség szinten zajlik, ezért végeredményben kijelenthetjük, hogy az adott $\varepsilon(t)$ alakváltozással végbemenő fárasztás során a fémötvezet élettartama a vezérlő függvény frekvenciájától is függ. A feszültség-amplitúdó frekvenciafüggésére az 4. ábrán láthatunk példát. A képlet alkalmazása akkor célszerű, ha a vizsgálatot magas frekvenciával kívánjuk elvégezni, azonban az eredményeket az alacsony alakváltozási sebességgel terhelt valós szerkezetre kívánjuk átszámítani.



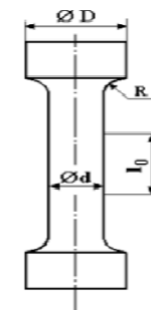
4. ábra. A feszültség-amplitúdó a vizsgálati frekvencia függvényében

A kisciklusú termikus fáradás vizsgálatához alkalmazott próbatetek

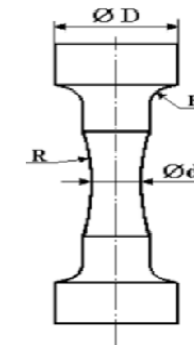
A próbatetek alakjának kiválasztásánál meghatározó a vizsgáló berendezés pontossága, valamint terhelhetősége, amely a próbatest méreteit alulról és felülről is korlátozza. Mivel a kisciklusú fárasztás magas feszültség szinten zajlik, ezért jelentős erőhatások keletkeznek. Ezeket a próbatest tervezésénél úgy vesszük figyelembe, hogy megfelelő szilárdságú befogásról gondoskodunk, például menetes megfogás esetén a menet méretének és menetszámának helyes megválasztásával. Mivel a kisciklusú fáradás során a próbatesteket nyomásra is igénybe vesszük, gondoskodni kell a megfelelő megtámasz-

tásról és a próbatest kihajlásának elkerüléséről. Ezt zömök próbatest kialakítással érhetjük el. A próbatestek alakja lehet hengeres vagy lapos, annak függvényében, hogy milyen szerkezetből munkáljuk ki. A hengeres próbák lehetnek tömörek (5. ábra), tóruszos kiképzésűek (6. ábra), valamint csőszerűek (7. ábra).

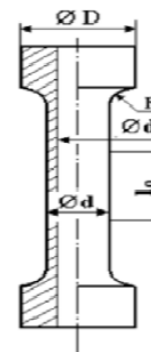
A tóruszos próbatest előnye, hogy a képlékeny alakváltozás egy jól meghatározható helyre koncentrálnódik. A csőszerű próbatest hőkapacitása kisebb, mint a tömör kialakításúé, ezért alkalmazása akkor célszerű, ha a termomechanikus fárasztás során magas frekvenciával működtetjük a hőterheléseket. Lapos próbatestet főként abban az esetben alkalmazunk, ha a vizsgálatot mesterséges hibával (bemetéssel) rendelkező próbatesten kívánjuk elvégezni.



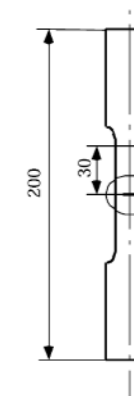
5. ábra. Hengeres próbatest



6. ábra. Tóruszos kiképzésű próbatest



7. ábra. Csőszerű próbatest



8. ábra. Lapos próbatest

Vizsgáló berendezések

A kisciklusú fárasztóvizsgálatokhoz egy merev, nagy rugóállandójú szakítógéppel szükséges, amelyen a keresztfej elmozdulása reverzálható (megfordítható), és a húzó-nyomó igénybevételhez szükséges alternáló mozgás a próbatest hossz-, illetve keresztirányú mérete szerint vezérelhető. Általában elektronikus vagy elektrohidraulikus mozgató berendezést alkalmaznak, mellyel a vezérlés könnyen megvalósítható. A nyúlásmérés, illetve vezérlés történhet hossz- és keresztirányú nyúlásmérők segítségével. Szobahőmérsékleten legtöbbször nyúlásmérő bélyegeket alkalmaznak. Termomechanikus fárasztás során és növelt hőmérsékleten történő mérésekhez optikai elven működő érzékelőket, vagy megfelelő hőálló anyagú tapintóval rendelkező elmozdulás-mérőket használnak. Mivel jelen kutatásban erőműi acélok öregedésével foglalkozunk, ezért megemlítjük, hogy a próbatest előírt hőmérsékletre történő felfűtése a fárasztó berendezésen belül történhet konvektív úton klímakamrában, indukciós tekercsekkel, valamint ellenállás fűtéssel (Joule-hő). A hőmérsékleti ciklusok maximális elérhető frekvenciája az előbbi felsorolás szerint növekszik. A próbatest keresztmetszete mentén a legegyszerűsebb hőmérséklet-eloszlást a közvetlen próbatesten átvezetett árammal történő fűtés biztosítja. A hűtés történhet a befogópofákon keresztül vízhűtéssel, valamint közvetlenül a próbatestre fűjt sűrített levegővel. Kutatási munkánkhoz Gleeble 3800 termomechanikus vizsgálóberendezést fogunk alkalmazni (9. ábra). Ennek fő jellemzője, hogy teljesen integrált, digitális, zárt szabályozó rendszerekkel rendelkezik, és különböző gyártási folyamatok valósídejű fizikai szimulációjára, fémek termomechanikus kezelésekre és anyagvizsgálatokra egyaránt alkalmas.

A berendezés két fő része a termikus rendszer és a mechanikai rendszer, melyeket a főegység és az ahhoz csatlakoztatott, a szükséges vizsgálatokhoz célszerűen választott mobil átalakító egység együttese alkotja. A szimulátor vezérlését és szabályozását a vezérlő számítógép végzi. A vezérlés Windows-alapú szoftverben készített programok segítségével történik. A programok által lehetőség van számos vezérlési módra, így például az elmozdulás, az erő, az opcionálisan felszerelhető nyúlásmérő, a valódi és a mérnöki feszültség, illetve alakváltozás, valamint a hőmérséklet alapján történő vezérlésre.



9. ábra. A Gleeble-berendezés

A vizsgálatok menete, definíciók az élettartamra vonatkozóan

A kisciklusú fárasztóvizsgálat előkészítésénél az első lépés a próbatest befogása, majd a nyúlásmérő felhelyezése. A fárasztási paraméterek beállítása és a regisztráló-berendezés élesítését követően elindítható a fárasztóvizsgálat. A mérés során gondoskodni kell a megfelelő számú hiszterézis hurok rögzítéséről, mely kezdetben (10–20 ciklus) az összes, majd a folyamat előrehaladtával bizonyos ciklusszámokhoz tartozó görbe felvételét jelenti. Amennyiben repedések jelennek meg az állandó alakváltozás-amplitúdó mellett, ismét jelentősen változik a ciklusonként rögzített feszültségérték, így a hiszterézis görbe alakja is, emiatt ebben a szakaszban ismét indokolt az összes hurok rögzítése.

A tönkremeneteli kritérium meghatározásában nem egységes a szakirodalom. A legelterjedtebb és mérnöki szempontból a legmegalapozottabb a terjedőképes repedés megjelenése. Ennél a definíciónál

nehéz megállapítani, hogy adott próbatest-geometriához mekkora lehet a repedés mérete. Ezért több kritérium létezik, például tekinthetjük a kísérlet végének azt az időpillanatot, amikor a próbatest teljes keresztmetszetében kettéválik. A két eddig ismertetett kritériumot elemezve megállapíthatjuk, hogy azon gépészeti szerkezeteink melyek a biztonság szempontjából kritikusak, utóbbi tönkremeneteli fel-tétellel nem vizsgálhatók. Az eddig ismertetett két élettartam-kritériumon kívül az alábbiakat szokták még alkalmazni:

- A hiszterézis görbén a nyomó periódusban inflexiós pont megjelenése (két repedt próbatestrész felfekvése).
- A telítődési szakasz maximális erejéhez viszonyított feszültségesés.
- Az előző ciklushoz képest meghatározott mértékű feszültségesés.
- A terhelőerőben történő meghatározott csökkenés.

Az eredmények kiértékelése

Az anyag ciklikus viselkedésének kiértékelésére a kisciklusú fáradástólvizsgálatból az alábbi mérőszá-mok meghatározása szükséges:

- A teljes nyúlástartomány ($\Delta \varepsilon$), illetve ennek fele: a teljes nyúlásamplitúdó (ε_a).
- A tönkremeneteli kritériumhoz tartozó igénybevételi szám (N_f).
- A képlékeny nyúlástartomány ($\Delta \varepsilon_p$), illetve ennek felét: a képlékeny nyúlás-amplitúdó (ε_{ap}).
- A rugalmas nyúlástartomány ($\Delta \varepsilon_e$), illetve ennek felét: a rugalmas nyúlás-amplitúdó (ε_{ae}).
- A feszültségváltozás tartománya ($\Delta \sigma$), illetve ennek felét: a feszültségamplitúdó (σ_a). A ciklikus keménye-dés vagy lágyulás miatt ez az érték folyamatosan változik a ciklusszám függvényében, vagyis $\Delta \sigma = 2 \sigma_a = f(N)$.
- Feszültségstartomány, illetve amplitúdó az élettartam 50 % -nál ($\Delta \sigma_{50}$, illetve σ_{a50}).

Képlékeny alakváltozás-amplitúdóra épülő modellek

A képlékeny alakváltozás-amplitúdóra épülő modellek tekinthetők a klasszikus módszereknek. Ezek általános egyenlete:

$$\Phi(\varepsilon, \varepsilon^p, \sigma \dots) = f(N_f, \alpha, \beta \dots),$$

ahol α, β anyagi állandók. A Manson-Coffin-egyenlet még ma is a legismertebb összefüggés annak ellenére, hogy 1954-ben publikálták. Lineáris kapcsolatot ad a képlékeny alakváltozás-amplitúdó és a tönkremeneteli ciklusszám között logaritmus koordinátarendszerben:

$$\Delta \varepsilon_p N_f^\alpha = C.$$

Az összefüggés jó közelítést bemetszés nélküli, hengeres próbatestek állandó amplitúdójú és frekven-ciájú terhelésnél ad.

A növelt hőmérsékleten bekövetkező kúszás, oxidáció és korrózió okozta károsodás hatásának fi-gyelembevételéhez módosították a Manson-Coffin-modellt, amely egy frekvenciát figyelembe vevő tényezőt tartalmaz:

$$\Delta \varepsilon_p (N_f \nu^{k-1})^\alpha = C.$$

A teljes alakváltozás-tartomány és a tönkremeneteli ciklusszám kapcsolatára Morrow 1965-ben java-solt összefüggése:

$$\varepsilon_a = \varepsilon_a^e + \varepsilon_a^p = \frac{\sigma_f}{E} (2N_f)^\beta + \varepsilon_f' (2N_f)^\alpha,$$

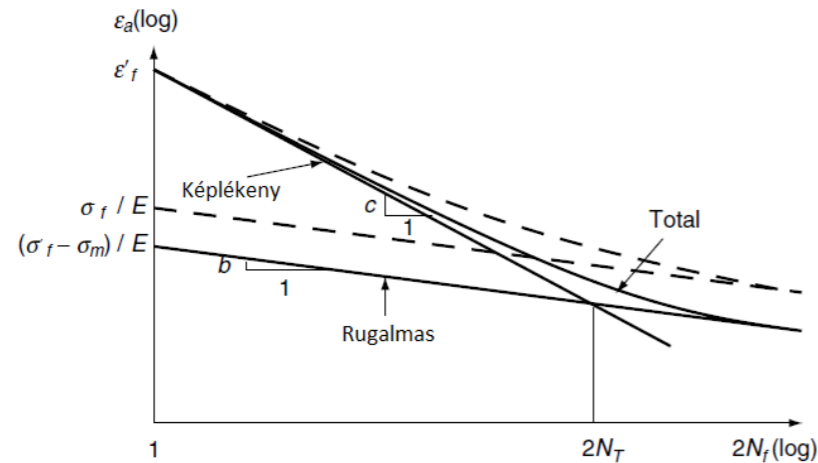
melyet a szakirodalom nyúlás–alakváltozás-egyenletnek nevez. Ez összegzetten ír le két különálló görbét, a rugalmas alakváltozás amplitúdó-ciklusszám, valamint a képlékeny alakváltozás amplitú-dó-ciklusszám kapcsolatát. Az egyenlet első tagja a Basquin-összefüggés, a második a fent ismertetett Manson-Coffin-egyenlet.

A közép feszültség (σ_m) értéke kifáradási élettartamra jelentős hatással van, ezért ennek a tényező-

nek a figyelembe vételére számos összefüggés született. Ezek azon a megfigyelésen alapultak, hogy a húzóirányú közép feszültség csökkenti, míg a nyomó közép feszültség növeli a törésig elviselt ciklusszámot. A leggyakrabban alkalmazott összefüggések Morrow (1968) és Smith (1970) egyenlete. Morrow a közép feszültség hatását az alakváltozás – élettartam-egyenlet rugalmas tagjának módosításával vette figyelembe:

$$\varepsilon_a = \varepsilon_a^e + \varepsilon_a^p = \frac{\sigma_f - \sigma_m}{E} (2N_f)^\beta + \varepsilon_f' (2N_f)^\alpha.$$

Az egyenletet a 10. ábrán szemléltetve megállapítható, hogy a kifáradási élettartam pozitív közép feszültség esetén csökken, és egyben növeli az átmeneti fáradási élettartamot.



10. ábra. Morrow közép feszültség-korrekciós modellje

Smith, Watson és Topper, a $\sigma_{\max} \varepsilon_a$ paramétert javasolták a cikluson belüli fáradás mértékének meghatározására, melyben σ_{\max} a maximális húzófeszültség a ciklus során. Abból a feltevésből indultak

ki, hogy a $\sigma_{a,rev} \varepsilon_{a,rev}$ amplitúdóra vonatkozó érték zéró közép feszültséggel végzett kísérlet esetén megegyezik az SWT paraméternek nevezett $\sigma_{\max} \varepsilon_a$ értékével, nullától eltérő közép feszültséggel végzett kísérletre vonatkozóan. Ez a feltevés a következő matematikai formulában fogalmazható meg:

$$\sigma_{\max} \varepsilon_a = \sigma_{a,rev} \varepsilon_{a,rev} \quad \sigma_{\max} > 0$$

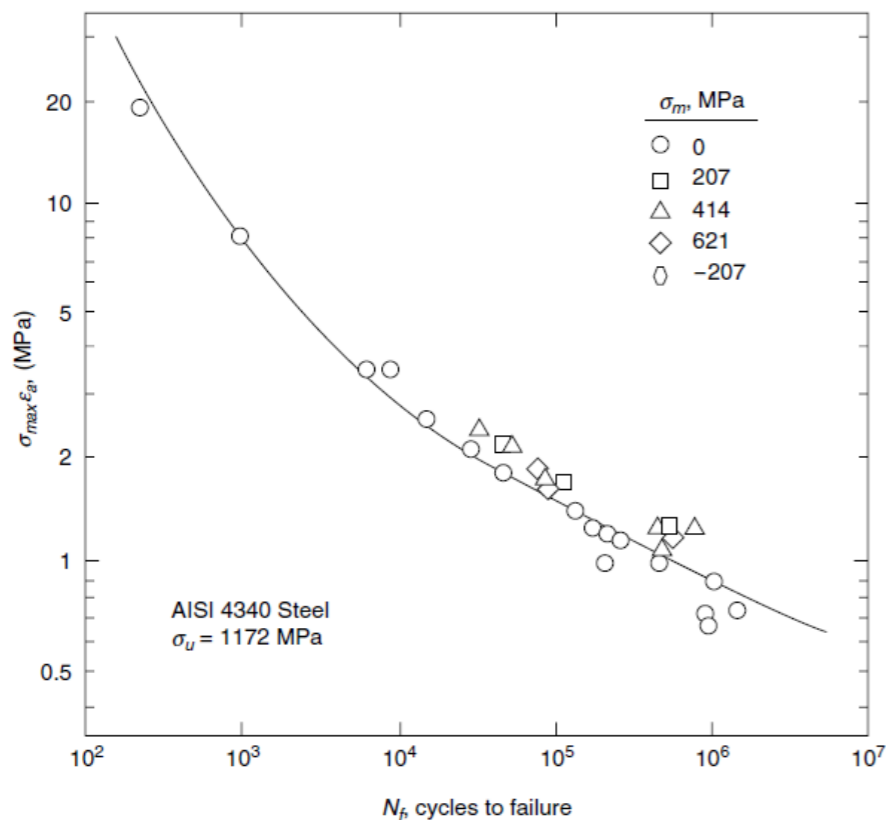
Ideálisan viselkedő, a kompatibilitási feltételeket teljesítő anyag esetén a maximális húzófeszültség:

$$\sigma_{\max} = \sigma_a = \sigma_f (2N_f)^\beta.$$

Ezzel a teljes nyúlás-kifáradási ciklusszám összefüggését megszorozva kapjuk az SWT közép feszültség-korrekciós formulát:

$$\sigma_{\max} \varepsilon_a = \frac{(\sigma_f)^2}{E} (2N_f)^{2\beta} + \sigma_f \varepsilon_f' (2N_f)^{\beta+\alpha}.$$

A 11. ábrán példaként 40NiCrMo6 acél eltérő közép feszültséggel végzett fárasztásának adatai láthatók. A diagramot elemezve megállapítható, hogy különböző közép feszültségek esetén az SWT-paraméterrel jól jellemezhető a kifáradás, az adatok szórása a rájuk illesztett görbéhez viszonyítva kismértékű. A képlékeny alakváltozásra épülő modellekkel kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy egyes kutatók szerint a Manson-Coffin-összefüggés tekinthető a mikrorepedés terjedését leíró empirikus összefüggésnek is, mivel a nagy képlékeny alakváltozások miatt a repedések megjelenése az első néhány ciklusban megfigyelhető. Ebben a felfogásban a kisciklusú fáradás folyamatában a mikrorepedések fejlődése a domináns folyamat és így a Tomkins-féle repedési terjedést leíró egyenletből a Manson-Coffin-egyenlet levezethető. (Murakami-Miller, 2004) További jellemzője ezeknek az elméleteknek, hogy a bennük szereplő mérőszámok vektor jellegűek és a valódi szerkezetre nehezen átvihetők. A képlékeny aláváltozási amplitúdó a valós berendezés fáradása során folyamatosan változik és az élettartam-kimerülés vizsgálatához nem összegezhető. Ezek alapján célszerű fizikailag megalapozottabb és matematikailag egyszerűbben kezelhető kritérium keresése.



11. ábra. Az SWT közép feszültség-korrektív modell

Modell	Φ	f
Manson–Coffin	$\Delta \epsilon_p$	$N^{-\alpha} C$
Teljes nyúlás–kifáradási ciklusszám	$\Delta \epsilon_{mech}$	$\frac{\sigma_f}{E} (2N_f)^\beta + \epsilon_f' (2N_f)^\alpha$
SWT	$\sigma_{max}, \Delta \epsilon_{mech}$	$\frac{(\sigma_f)^2}{E} (2N_f)^{2\beta} + \sigma_f \epsilon_f' (2N_f)^{\beta+\alpha}$
Morrow	$\sigma_{kozep}, \Delta \epsilon_{mech}$	$\frac{\sigma_f - \sigma_m}{E} (2N_f)^\beta + \epsilon_f' (2N_f)^\alpha$
Módosított Manson–Coffin	$\Delta \epsilon_p$	$(N_f \nu^{k-1})^{-\alpha} C$

1. táblázat. Klasszikus kifáradási-élettartam-modellek

Képlékeny alakváltozási munkára épülő modellek

Az előző pontban ismertetett modellekhez képest több előnnyel is rendelkeznek a képlékeny alakváltozási munkára épülő összefüggések. Az egyik ilyen előny, hogy a vezérelt változótól (alakváltozásra vagy feszültségre vezérelt vizsgálat) független a mérés eredménye, a másik, hogy a meghatározott mérőszám fizikailag megalapozottabb, mint a korábban bemutatottak.

Alkalmazásuknak hosszú ideig határt szabott, hogy a gépészeti berendezések kritikus helyein nehéz volt meghatározni a bevitt képlékeny alakváltozási munka mennyiségét. A numerikus módszerek és a számítástechnika fejlődésével az energia alapú méretezés e korlátja megszűnt. Az energia kritériumok alapelve: a próbatest károsodására fordított energia arányos az anyagban lejátszódó károsodási folyamattal. A vizsgálatok során a ciklusonként letárolt nyúlás és feszültség értékekből (hiszterézis görbe) (1. ábra), meghatározható az egy ciklusban befektetett munka mennyisége. Ez a görbe által közrezárt

terület, ezt összegezve kiszámolható a törésig befektetett munka nagysága.

A kisciklusú fárasztás során bevitt képlékeny alakváltozási munka meghatározására is több összefüggés ismert. Ostergren a következő összefüggést javasolta az egy ciklusban felhalmozott energia számítására:

$$\Delta W^P = \frac{1-n}{1+n} \Delta \sigma \Delta \varepsilon .$$

Ez a munkát a tönkremeneteli ciklusszámmal megszorozva, az anyag tönkremenetelét okozó fajlagos képlékeny alakváltozási munka meghatározható. Feltner (1980) az egy ciklusban felhalmozott képlékeny alakváltozási munkát a hiszterézis görbe alatti terület leírásával határozta meg:

$$\Delta W^P = \frac{4\sigma_a \varepsilon_p}{(1+m)},$$

ahol a számlálóban a képlékeny feszültség- és alakváltozás-amplitúdó szerepel a nevezőben az m a keményedést kifejező szám.

Az eddig ismertett energia-alapú kritériumok nem veszik figyelembe, hogy a fárasztás milyen közép feszültséggel, és mekkora hőmérsékleten történik. Gocmez és társai (2009) komplex kritériumot dolgoztak ki szinkron és aszinkron termomechanikus fárasztóvizsgálatok kiértékelésére. A modell az egy ciklusban felhalmozott képlékeny alakváltozási munkán alapul, a feszültség szintet és a hőmérsékletet figyelembe vevő paraméterekkel:

$$N_f = A \left(\frac{\Delta W^P}{W_u^P} \cdot SCF + ADI_T \right)^c .$$

Az összefüggésben a ΔW^P az egy ciklusban felhalmozott képlékeny alakváltozási munka:

$$\Delta W^P = \int_{ciklus} \sigma \cdot d\varepsilon ,$$

a W_u^P a monoton szakító kísérlettel meghatározott alakváltozási munka, törésnél.

Az SCF paraméter a feszültség korrekciós tényező:

$$SCF = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{ult} - m \cdot \sigma_{mean}} ,$$

ahol σ_{max} a maximális feszültség a hiszterézis görbében, σ_{ult} a szakítószilárdság, σ_{mean} a közép feszültség. Az ADI_T a hőmérséklettől függő károsodást kifejező szám, míg A és c anyagi állandó, valamint kitevő a modellben, melyeket regresszió-analízisből kaphatunk meg. A szerzők az általuk javasolt modellt belsőégésű motorok hengerfejében alkalmazott gömbgrafitos öntöttvasak széles skáláján alkalmazták, mely eredményeket összehasonlították a klasszikus károsodási modellekkel és melyből megállapítható, hogy az összefüggés jó közelítéssel írja le a magas hőmérsékleten végzett termomechanikai fáradás élettartam-függését. A kifáradási szívósság (ΔW^P) által számolt érték nem hordozza magában azt a tulajdonságot, hogy a ciklusonként elnyelt alakváltozási munka értéke a kisciklusú fáradás során változik. A változás oka, hogy a próbatest különböző élettartamához, különböző fémtani folyamatok köthetők, melyek különböző képlékeny alakváltozás-amplitúdó mellett eltérő alakváltozási munkaigénnyel bírnak. (Abdalla-Hawileh-Oudah-Abdelrahman, 2009) Példaként említenénk, hogy az alacsonyabb alakváltozás-amplitúdó esetén a diszlokációs folyamatok és a mikrorepedések keletkezésének energiaigénye magasabb. Mivel ezen folyamatok az élettartam bizonyos szakaszaiban jól elkülöníthetően mennek végbe, így a fárasztás alakváltozás amplitúdója és ezen keresztül a törésig elviselt ciklusszám is befolyásolja a teljes alakváltozási munka értékét. Ennek a jelenségnek a figyelembevételére bevezették a fáradásiszívósság-együtthatót (B) és a fáradásiszívósság-kitevőt (b), melyek a következő kapcsolatban állnak a teljes fárasztóvizsgálat során bevitt képlékeny alakváltozási amplitúdóval:

$$W_f = B(N_f)^b.$$

Mivel a korszerű anyagvizsgáló berendezéseken lehetőség van a hiszterézisgörbék tárolására, ezért felmerül az a kérdés, hogy a reprezentatív hiszterézisgörbék segítségével meghatározott képlékeny alakváltozási munka értéke hogyan viszonyul az összes görbe által számolt munka nagyságához. Ennek felderítésére Nagy és társai (2004) végeztek kutatásokat acél próbatestek eltérő teljes alakváltozásamplitúdójú fázasztóvizsgálatával. Munkájuk során arra az eredményre jutottak, hogy a reprezentáns hiszterézis görbék és az összes görbe felhasználásával meghatározott képlékeny alakváltozási munka mindegyik alakváltozásamplitúdó esetén 5%-os szignifikancia szinten azonos.

Az energia alapú kritériumok esetén fontos megemlíteni, hogy kisciklusú fázasztás során bevitt képlékeny alakváltozási munka csak egy része okozza az anyag mikroszerkezetének, diszlokációs szerkezetének megváltozását (károsodását), a munka másik része a fázasztás során hővé alakul az anyagon belül. Amennyiben a hővé alakult munkát levonjuk a képlékeny alakváltozási munkából, a károsodást okozó munkát kapjuk, mely megalapozott méretezési adat lehet. (Nagy, 2004)

A cikk megjelent az *Anyagvizsgálók Lapja* 2013 júniusi számában.

Irodalom

- B.B. Kerezi – A.G. Kotousov – J.W.H. Price (2000): Experimental apparatus for thermal shock fatigue investigations. *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 77, 425 – 434.
- C. Petersen – D. Rodrian (2008): Thermo-mechanical fatigue behavior of reduced activation ferrite/martensite stainless steels. *International Journal of Fatigue* 30, 339 – 344.
- J. Kwon – S. Woo – Y. Lee, J. Park – Youn-won Park (2001): Effects of thermal aging on the low cycle fatigue behavior of austenitic – ferritic duplex cast stainless steel. *Nuclear Engineering and Design* 206, 35 – 44.
- J.A. Abdalla – R.A. Hawileh – F. Oudah, K. Abdelrahman (2009): Energy-based prediction of low-cycle fatigue life of BS 460B and BS B500B steel bars. *Materials and Design* 30, 4405 – 4413.
- Jae-do Kwon – Seung-wan Woo – Yong-son Lee – Joong-cheul Park – Youn-won Park (2001): *Effects of thermal aging on the low cycle fatigue behavior of austenitic – ferritic duplex cast stainless steel. Nuclear Engineering and Design* 206, 35 – 44.
- L. F. Coffin: Fatigue at high temperature – Prediction and interpretation. *Proc. Instn. Mech. Engrs.* 1974 Vol. 188 9/74
- Lehofer Kornél: Az alakváltozással vezérelt kisciklusú fáradás törvényszerűségei. *Anyagvizsgálók Lapja*, 2004/3., 79 – 86.

- M. Grosse – M. Niffenegger – D. Kalkhof (2001): Monitoring of low – cycle fatigue degradation in X6CrNiTi18-10 austenitic steel. *Journal of Nuclear Materials* 296, 305 – 311.
- M.D. Callaghan – S.R. Humphries – M. Law, M. Ho – P. Bendeich, H. Li, W.Y. Yeung (2010): Energy-based approach for the evaluation of low cycle fatigue behaviour of 2.25Cr – 1Mo steel at elevated temperature. *Materials Science and Engineering A* 527, 5619 – 5623.
- M.V. Borodii – M.P. Adamchuk (2009): Life assessment for metallic materials with the use of the strain criterion for low cycle fatigue. *International Journal of Fatigue* 31, 1579 – 1587.
- Mageshwaran Ramesh – Hans J. Leber – Markus Diener – Ralph Spolenak (2011): Conducting thermomechanical fatigue test in air at light water reactor relevant temperature intervals. *Journal of Nuclear Materials* 415, 23 – 30.
- N. Haddar – A. Köster – Y. Kchaou – L. Remy (2012): Thermal – mechanical and isothermal fatigue of 304L stainless steel under middle range temperature. *C. R. Mecanique* 340, 444 – 452.
- Nagy Gyula: A kisciklusú fázasztás kutatásának újabb eredményei a Miskolci Egyetemen. *Anyagvizsgálók Lapja*, 2004/3., 75 -78.
- Nagy Gyula (1999): *Anyagok károsodása és vizsgálata különböző üzemi körülmények között, Kisciklusú fázasztás.* Miskolc: Miskolci Egyetem
- NWM Bishop – Dr F Sherratt (2000): *Finite Element Based Fatigue Calculations.* NAFEMS
- S.L. Mannan – M. Valsan (2006): High-temperature low cycle fatigue, creep – fatigue and thermomechanical fatigue of steels and their welds. *International Journal of Mechanical Sciences* 48, 160 – 175.
- Szekeres A. – Pramila A.: Heat and Moisture in Solids: Dynamical Sorption with Microcracks. *EUROMECH 436 Nonlinear Waves in Microstructured Solids*, May 29 – June 1, 2002, Tallinn, Estonia.
- T. Bíró – J. Csizmadia (2012): Recent technique for thermal-fatigue simulation of heat-resistant steels. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering* 56/2, 105 – 110.
- Taner Gocmez – Ali Awarke – Stefan Pischinger (2010): A new low cycle fatigue criterion for isothermal and out-of-phase thermomechanical loading. *International Journal of Fatigue* 32, 769 – 779.
- Tóth L. – Rózsahegyi P.: *Kisciklusú fázasztóvizsgálatok eredményei és energetikai értékelése.* Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet
- Trampus Péter: A reaktortartály biztonságának elemzése. *Fizikai Szemle* 2008/9 287 – 292.
- V. Maurel – L. Rémy – F. Dahmen – N. Haddar (2009): An engineering model for low cycle fatigue life based on a partition of energy and micro-crack growth. *International Journal of Fatigue* 31, 952 – 961.
- Y. Murakami – K.J. Miller (2005): What is fatigue damage? A view point from the observation of low cycle fatigue process. *International Journal of Fatigue* 27, 991 – 1005.
- Yung-Li Lee – Jwo Pan – Richard B. Hathaway – Mark E. (2005): *Fatigue Testing and Analysis (Theory and Practice).* Barkey: Elsevier Inc.
- Yusuke Kudo – Kouichi Kikuchi – Masakatsu Saito (2002): Thermal fatigue crack propagation behaviour of F82H ferritic steel. *Journal of Nuclear Materials* 307 – 311, 471 – 474.

Szerzőink rövid bemutatkozása

Gajzágó Éva

A Széchenyi István Egyetem Regionális és Gazdálkodástudományi Doktori Iskolájának hallgatójaként az innovációval, illetve az innovációs folyamatban résztvevő szervezetekkel foglalkozom, kutatásomban ezeket a szervezeteket vizsgálom. Emellett 2006 óta, a Dunaújvárosi Főiskola szakreferenseként pályázatokkal, illetve projektmenedzsmenttel foglalkozom, valamint részt veszek a projektmenedzsment, illetve egyéb, gazdálkodástudományi tárgyak angol nyelvű oktatásában is. 2013 óta tagja vagyok a Magyar Tudományos Akadémia Regionális innovációs albizottságának.

Fekete Balázs

Született: 1985. 07. 24. 2008-ban BSc, majd 2010-ben MSc gépészmérnöki diplomát szerzett a Szent István Egyetemen. 2011-től a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar, Műszaki Mechanikai Tanszékének levelező doktorandusza. Kutatási területe: Dinamikus hőterhelésű gépészeti szerkezetek méretezése. 2008-tól fejlesztőmérnök a kecskeméti Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft.-nél. 2010-től az dunaújvárosi ECOTECH ZRT.-nél kutató-fejlesztő mérnök, valamint Dunaújvárosi Főiskolán fiatal kutatói munkakört tölt be.

Dr. Kirchner István PhD

okl. építőmérnök, okl. mérnökmatematikus szakmérnök

Főiskolai tanár:

Dunaújvárosi Főiskola, Informatikai Intézet,
Szoftverfejlesztési és Alkalmazási Tanszék
2401 Dunaújváros, Táncsics Mihály u. 1/A; Pf.: 152
e-mail: kirchner@mail.duf.hu

Vezető programtervező mérnök:

Structural Design Software (StruSoft) Kft.

1117 Budapest, Irinyi József u. 4-20. „Science Park” B/1, 6. em.; 1507 Bp. Pf.: 148

e-mail: kirchneri@strusoft.hu

Érdeklődés: végeelem-módszer, végeelem háló, számítógépes grafika, geometriai modellezés, lineáris algebra, vektoralgebra, analitikus geometria, mátrixalgebra.

Introduction of authors

Éva Gajzágó

I am a student on the Szechenyi Istvan University Doctoral School on Regional and Economic Sciences and the subject of my PhD research is the innovation process. More precisely the intermediate organizations participating in the innovation process. Besides, I work for the College of Dunaujvaros since 2006 and my task is to manage projects and writing applications and tenders. I am also participating in the English language education and I teach project management and other subjects related to economics. In 2013 I became a member of the Hungarian Science Academy's Regional Innovation Subcommittee.

Balázs Fekete

Date of birth: 07.24.1985. He received his BSC degree in 2008 and MSc in 2010 at Szent Istvan University. He's studying at Dept. Applied Mechanics of Budapest University of Technology and Economics as a PhD student. His research area is Design of high rate heat loaded machine parts and structures. He worked at Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft., Kecskemét from 2008 to 2010 as a development engineer. He is working at Ecotech Zrt. in Dunaújváros as a research and development engineer and College of Dunaujvaros as a researcher since 2010.

Dr. István Kirchner PhD

Civil Engineer MSc, Engineer Mathematician MSc

College professor:

College of Dunaújváros, Institute of Informatics,
Department of Software Development and Application
Tancsics Mihály street 1/A, PO Box 152
H-2401 Dunaújváros, Hungary
e-mail: kirchner@mail.duf.hu

Senior software development engineer:

Structural Design Software (StruSoft) Ltd.
Irinyi József street 4-20. „Science Park” B/1, Floor 6;
H-1117 Budapest, Hungary
H-1507 Budapest, PO Box 148
e-mail: kirchneri@strusoft.hu

Interest: finite element method, finite element mesh, computational graphics, modeling of geometry, linear algebra, vector algebra, analytical geometry, matrix algebra

Galéria

Fehér Katalin a Fotográfus Alapítvány fotográfus képzését és mesterképzését végezte el. Kiállítási anyagai többek között a Millenáris Parkban, az ARC plakát kiállításon, ph21Galériában, a Budapesti Olasz Kultúrintézetben, a Vaszary Villában, a Pallas Páholyban és a Fotográfiai Biennálén voltak láthatók, illetve könyvillusztrációkat is készített az Akadémiai Kiadó számára és kiállítási katalógusokban is megjelentek munkái. 2010-ben az ARC-kiállítás zsűrijének, 2008-tól 2011-ig a Fotopost szerkesztőségének tagja volt.

A képekről:

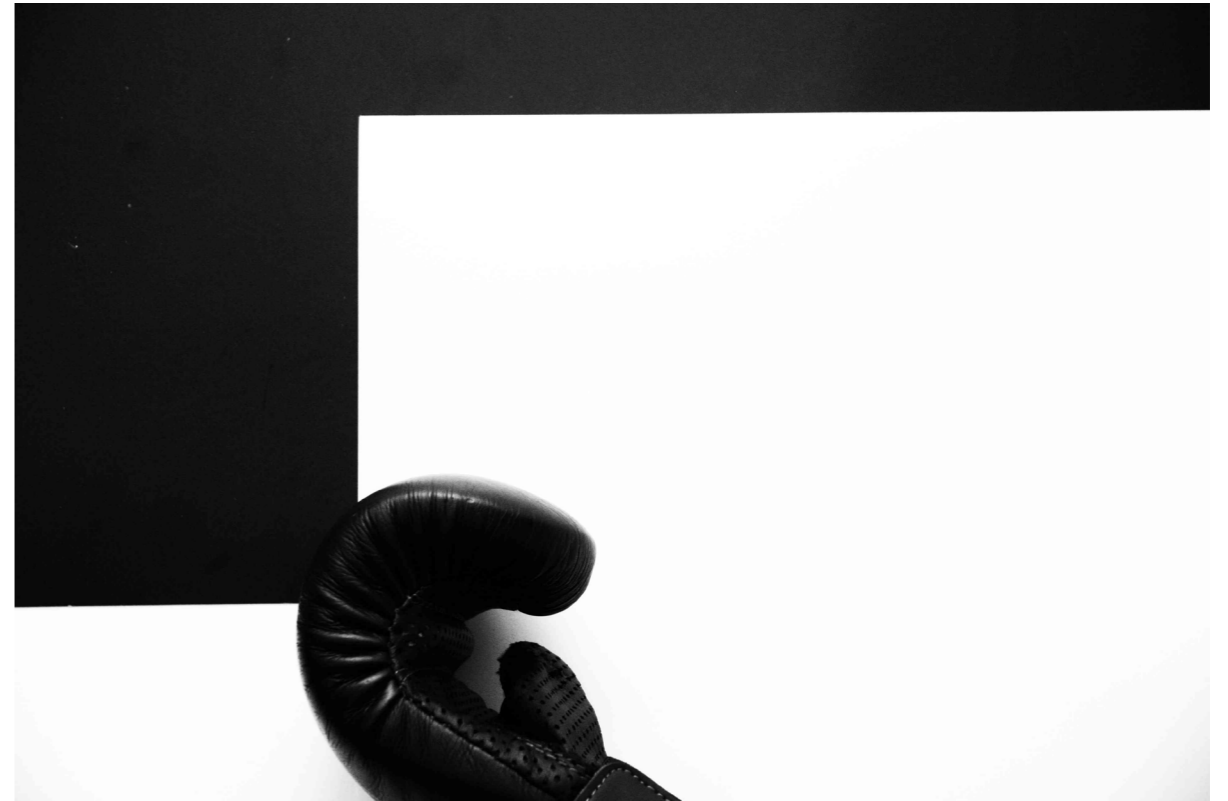
Az „újságmintás” tasakkal kezdődött minden. Érzete a papír és a leheletvékony nylon csomagoló között volt. Filléres kis tasak, amihez ragaszkodtam. Hogyan lehet érzékelni, képen keresztül visszaadni? Ekkor készült el a kép: két kartonra, fekete-fehér kontextusba helyezve. Innentől nem volt megállás. Mi az, ami még fekete és vagy fehér és a kartondarabokhoz képest helye van? Csak úgy, érzésből. Ahogyan leteszünk egy dísz tárgyat egy polcra vagy asztalra. Ahogyan számunkra valahol valaminek helye van rövidebb vagy hosszabb időre. Mert keressük a helyét valami egyszerű másikhoz képest valamilyen láthatatlan mezőben, ahol egyszerre érvényesül valami belső és vonalzóval nem meghúzható aszimmetria vagy viszony és különböző anyagságok. Mindegyik elem bárkit emlékeztethet ezen véletlenszerű tárgyak anyagságára, érintésére, ahogyan azt megtapasztaljuk például egy gyöngysornál, egy kendőnél, egy bögrénél. A különböző anyagminőségek érintési emlékezete cél szerint elválik a konstruált és szögletes háttértől.



Alak



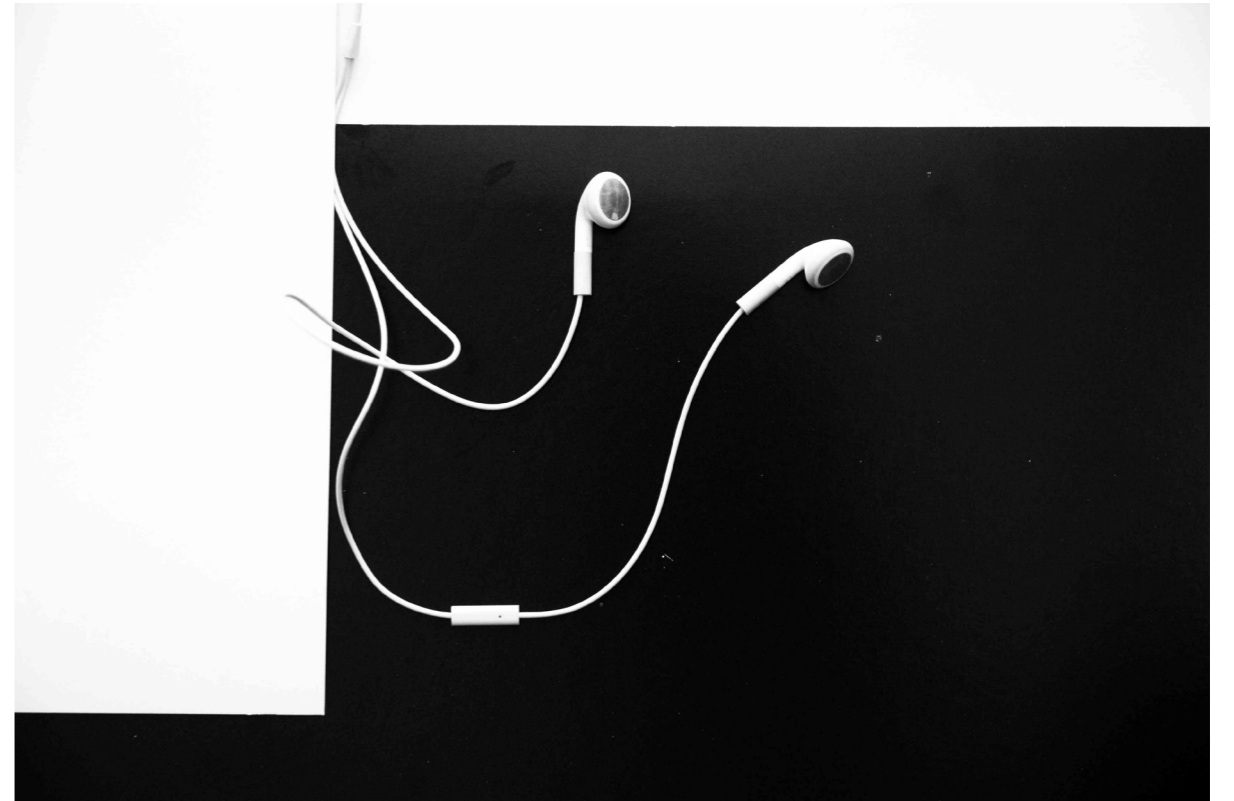
Bögre



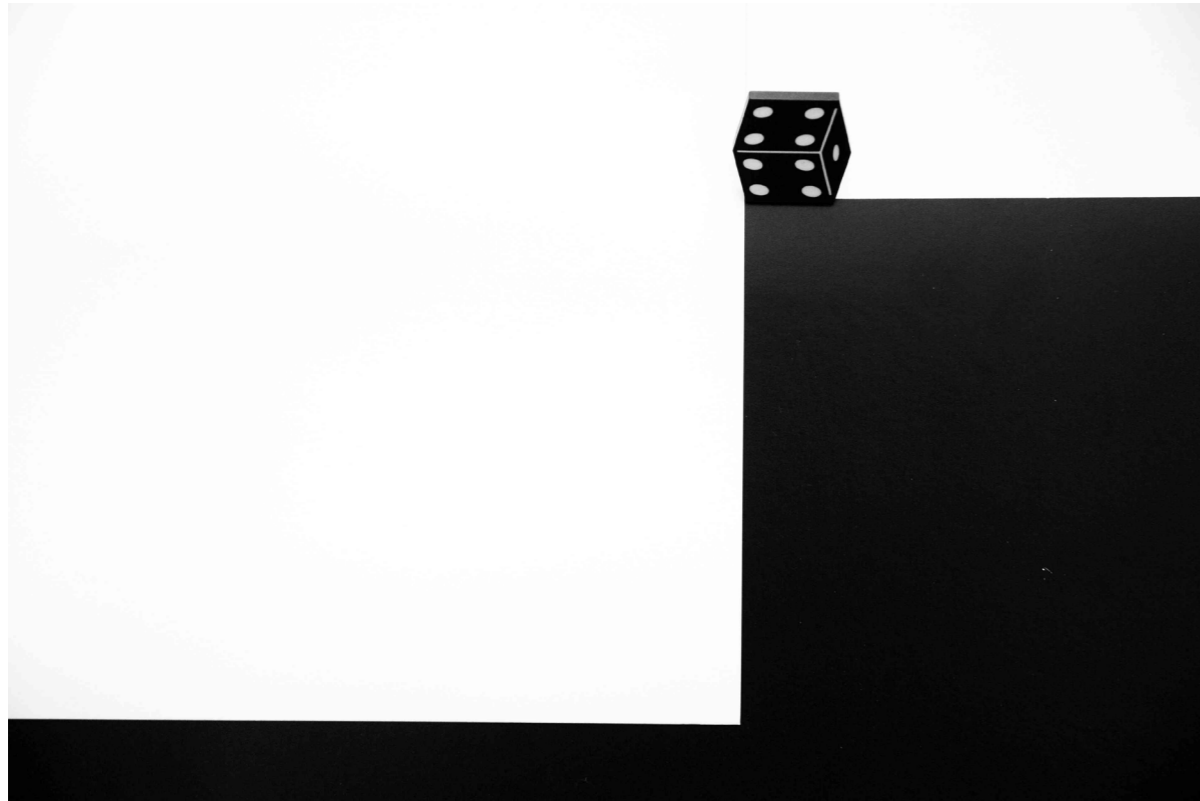
Box



Esernyő



Füles



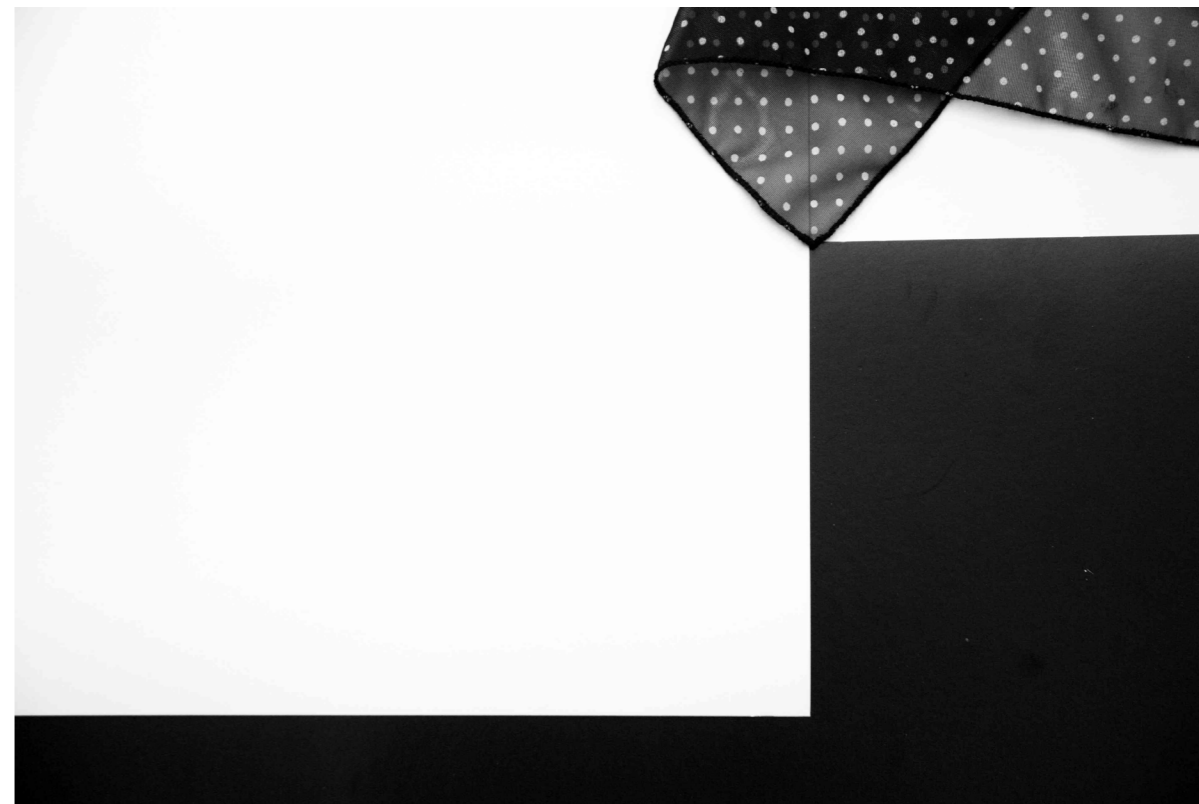
Kocka



Kotta



Lánc



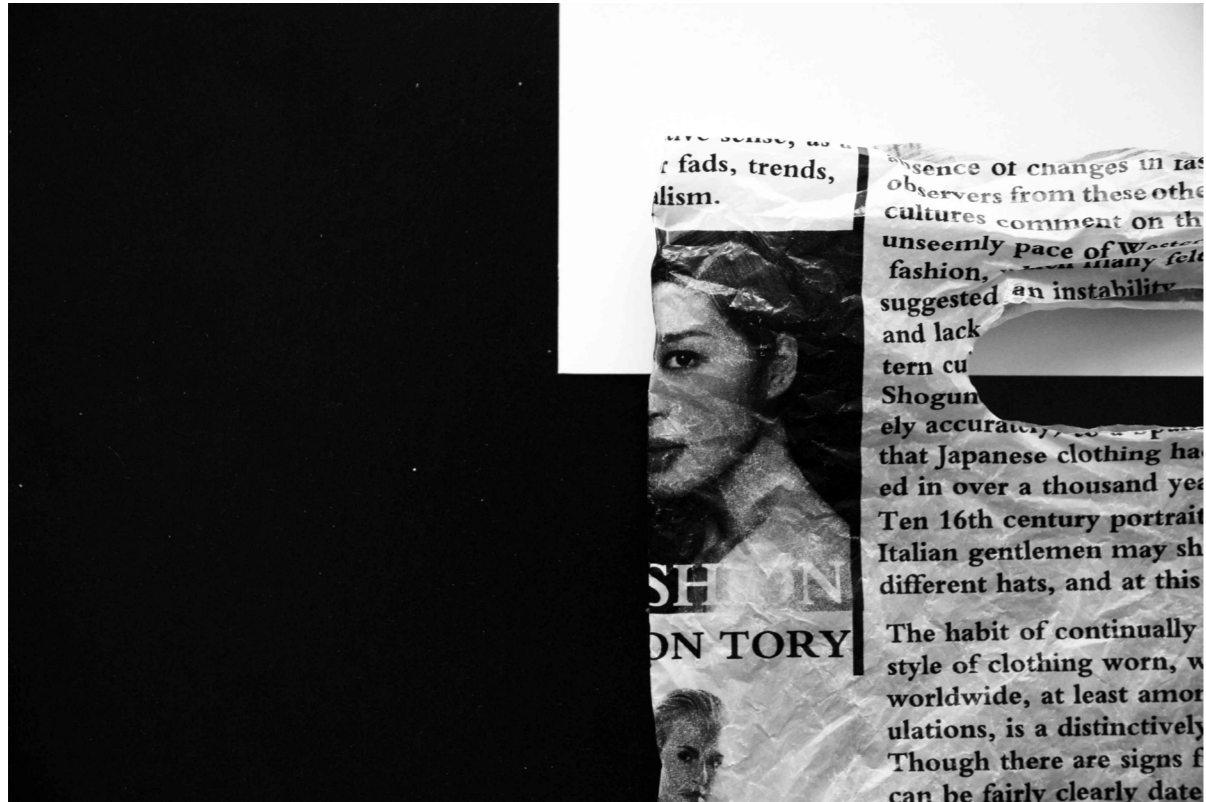
Nyakkendő



Ő-Mi-Te-Én-Ti-Ők



Szemüveg



Zacskó