

V. T. Troshhenko, L.A. Hamaza: Nem lokalizált kifáradási károsodás mechanikája fémek és ötvözetek esetében

Az Ukrán Tudományos Akadémia G. Sz. Piszarenko nevét viselő Szilárdság Problémái Intézet (Institut Problem Prochnosztii) alapításának 50. évfordulójára annak volt igazgatója, a nemzetközileg ismert és elismert szakember, Valery Trofimovich TROSHHENKO akadémikus vezetésével egy új szemléletű könyv jelent meg az intézet kiadásában 2016-ban (sajnos) mindössze 100 példányban. A korlátozott példányszám és az intézeti gondozás már önmagában is jelzés értékű az ukrán gazdaság teljesítőképessége és a tudomány támogatása iránti elkötelezettség tekintetében. Az intézet félévszázados történetét és az itt dolgozó (dolgozott) igazán remek, nemzetközileg is elismert szakemberek, tudósok eredményeit, munkáit személyesen ismervén a fent említett tények nem adnak kifejezett optimizmusra okot a jelen és közeljövő tekintetében. Éppen a korlátozott példányszám készített arra, hogy a hazai szakemberek számára a szokásosnál kicsit részletesebb ismertetőt állítsak össze azzal a nem titkolt szándékkal, hogy érdeklődésüket felkeltve forduljanak hozzám egy-egy fejezet scannelt változatáért.

A 413 oldal terjedelmű könyv 7 fejezetre oszlik, és két nagyobb terjedelmű mellékletet tartalmaz.

A bevezetést (4 oldal) követő **első**, mindössze 10 oldal terjedelmű **fejezet** egy nagyon rövid áttekintést ad a XIX. század közepétől ismertté vált jelenségről, a kifáradásról, annak sajátosságairól, a mögötte meghúzódó és károsodást előidéző fémtani, anyag-szerkezeti folyamatokról. Ezek részleteit tekintve a fejezet végén található irodalomjegyzékre utalnak Szerzők. A felsorolt – mindössze 29 tételt tartalmazó – monográfiák terjedelme viszont jóval meghaladja a tízezer oldalt.

A **második**, több mint 130 oldal terjedelmű **fejezet** a könyv egyik – meghatározónak tekinthető része – ciklikus nem rugalmas alakváltozás sajátosságaival foglalkozik. Ha kicsit is belegondolunk akkor a kifáradásos károsodás megjelenése, kialakulása, és majdani lokalizálódása mögött minden esetben a külső ismétlődő terhelés hatására az anyagban elnyelődött alakváltozási energia, ennek eloszlása

húzódik meg. Ez tükröződik az ún. hiszterézis hurok (alakváltozás-feszültség vagy terhelés-megnyúlás) mindenkori alakjában, változásában, a szilárd test pontjaiban, eloszlásában, stb. Ez az a jellemző amit a vizsgálatok során minden egyes terhelési ciklusban rögzíteni tudunk. Ebből adódóan a könyv ezen fejezete részletesen foglalkozik a hiszterézis hurkok formájával, annak sajátosságos, anyagi tulajdonságokat hordozó paramétereivel, ezek változásával, mérési módszereivel. Külön részt szentel e fejezet a nem rugalmas viselkedést befolyásoló anyagi és anyagtechnológiai és az üzemeltetés körülményei okozta hatásoknak és a hiszterézis hurkok alakulásának kapcsolatára. Az üzemeltetés körülményei úgy tekinthetők, mint külső hatás, amelyre az anyag – mint egyszerű önszerveződő rendszer – a hiszterézis hurokkal, annak paramétereivel „válaszol”. Ezen külső hatások közül számba veszi a következőket: alacsony és növelt hőmérséklet, a külső mechanikai terhelés történetét, eloszlását, paramétereit, rövid- és hosszúidejű üzemeltetést. Ezen ismeretek felhasználásával tesz kísérletet arra, hogy meghatározza milyen lehetőségei vannak a gyorsított vizsgálatokra, ill. milyen kritériumok alapján fogalmazhatók meg a törési feltételek, avagy a kifáradási határ értékei különböző anyagok, vizsgálati körülmények esetében. E fejezetet igen részletes, 235 tételre kiterjedő irodalomjegyzék egészíti ki. Ez már önmagában is jelzésértékű arra nézve, hogy e könyv és ennek második fejezete az eddigi ismeretink szintézise.

A könyv **harmadik** és mindössze 22 oldal terjedelmű **fejezete** az előző rész – szinte – tézisszerű összefoglalása, hiszen a kifáradás alakváltozási és energetikai kritériumaival foglalkozik. Ha belegondolunk nincs is más lehetőségünk törési kritérium definiálására, mint a külső hatásra (terhelésre) az anyagban elnyelt (nem-rugalmas) összegzett energia, avagy az összegzett nem rugalmas alakváltozás nagysága. Az természetesen más kérdés, és további elemzések tárgya, hogy az említett jellemzők eloszlása milyen térben és időben, ill. mire is fordítódik (pl. hővé alakul, milyen területen oszlik meg, stb.). A könyv ezen kérdésekről, azok mérnöki leírásának lehetőségeiről is szintetizáló áttekintést ad e fejezetben. A többirányú szemléleteket illusztrálja az irodalomjegyzékben felsorolt 79 tétel is.

A könyv **negyedik**, 50 oldal terjedelmű **fejezete** a

Wöhler-görbe élettartam-szakaszával foglalkozik. Mérnöki szempontból a Wöhler-görbe úgy definiálható, mint a külső terhelés ($\Delta\sigma$ - egy nagyon is általános érvényű ún. ciklikus terhelésváltozás) körülményeire az anyag által adott válasz (N_f – a töréshez tartozó igénybevételek, ciklusok száma). Ha ezek közötti kapcsolatot teljesen általánosan definiáljuk, akkor azt mondhatjuk, hogy minél nagyobb a ciklikus terhelés nagysága, annál kisebb a töréshez tartozó ciklusok száma, az élettartam. Ezt a nyilvánvaló ténytet pedig egy hatványkitevős kifejezés híven tükrözheti annak progresszív, degresszív vagy lineáris jellegével együtt. Ezt a kitevőben szereplő mennyiség egyértelműen jellemzi. E gondolatok fogalmazódtak meg már 1910-ben, amikor Basquin a nagyciklusú kifáradással, annak élettartam szakaszával foglalkozott, ill. az 1950-es a Manson-Coffin összefüggésben a kisciklusú fáradás analitikus leírásában.

A könyv e fejezete első lépésben áttekintést ad azon eddigi ún. mérnöki próbálkozásokról, amelyeket felhasználtak a Basquin és a Manson-Coffin összefüggés paramétereinek becslésére más, egyszerűbben mérhető anyagi paramétereiből. Az egyes módszereket, azok pontosságát, megbízhatóságát nagyszámú, irodalomból vett adatok felhasználásával elemzi. A jelenkor számítástechnikai lehetőségei, a neuronhálók módszere lehetővé teszi azt is, hogy ne csupán leegyszerűsített ún. mérnöki módszerek alkalmazásával kísérjük meg becsléseket végezni. Ezt alkalmazza 5, 6, 7 és 8 bemenő paraméter felhasználásával. Az adatokat feldolgozva természetesen jobb becslésekhez jut, ezek megbízhatóságát, a közelítések jóságát részletesen bizonyítja. A felhasznált források száma e fejezetben is kb. annyi (81) mint az előzőben. Ezek között több ún. „Data sheet” található, amelyek a korábban elvégzett vizsgálatok eredményeit rögzítik.

Az **ötödik**, mintegy 50 oldal terjedelmű **fejezet** az az alapvető kérdéssel foglalkozik, hogy milyen is az a repedéshossz, amely a kifáradási határhoz tartozik, azaz milyen hosszúságú az a repedés, amely a kifáradási határnak megfelelő feszültségi szinten még nem terjedőképes. A témakör nem csupán a törésmechanikai témakörrel foglalkozók szempontjából nagyon fontos, hanem az alapanyaggyártók is kifejezetten érintettek, hiszen a nemfémek zárványok megengedhető méretén keresztül

a kifáradási sajátosságok szabályozhatók. Különösen nagy jelentőségű mindez akkor, ha a lokális terhelés nagysága kifejezetten nagy, pl. nagy érintkezési feszültségeknél. Az irodalmi adatokat áttekintvén törésmechanikai elvek felhasználásával kísérli meg azon repedések hosszait megállapítani, amelyek a kifáradási határnak megfelelő terhelésnél nem terjednek. Ezt a becslést mind sima, mind pedig feszültséggyűjtő helyeket tartalmazó próbatestek vizsgálati eredményeire közli. Eredményei hasznos útmutatásul szolgálhat az alapanyaggyártók számára is. A fejezetet kiegészíti 58 irodalmi hivatkozás.

A nagyon rövid, mindössze 28 oldal terjedelmű **hatodik fejezet** az ún. rövid és hosszú repedések terjedési körülményeinek sajátosságaival foglalkozik. Másképpen megfogalmazva azt is mondhatjuk, hogy a sok-sok kisméretű, nem terjedőképes repedésből, ún. „rövid repedés” (a repedésméretnek valamilyen eloszlásából) miképpen alakul ki egy lokalizált kifáradási károsodás, egy terjedőképes ún. „hosszú” repedés. A fejezetet 25 db. irodalmi hivatkozás egészíti ki.

A 38 oldal terjedelmű **hetedik** és egyben utolsó **fejezet** az előző részben megfogalmazott átmenethez tartozó igénybevételi ciklusszámokra igyekszik becslésekkel szolgálni az anyagi jellemzők és a terhelés paramétereinek figyelembevételével, hiszen ezen átmenetnek valamilyen módon tükröződnie kell a ciklikus hiszterézis-görbén is. Nagyobb adathalmaz feldolgozásával közöl módszert a fáradásos repedés kialakulásának, a rövid és hosszú repedések átmenetének feltételeire, ill. a feszültséggyűjtő helyek hatásainak figyelembevételére. Mindezek alapján képes az azonos károsodási szinthez tartozó kifáradási görbék megfogalmazására. A fejezetet 45 tételt felsorakoztató irodalomjegyzék zárja.

A könyvet 2 db. olyan melléklet egészíti ki, amely 60 oldalon táblázatos vagy diagram formában mutatja be azon korábbi vizsgálati eredményeket, amelyekre támaszkodván születtek a könyvben ismertetett általánosított elgondolások.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy Troshhenko akadémikus Szerzőtársával, munkatársával olyan könyvet állított össze, amely a kifáradás jelenségét egységesen és új szempontok szerint következetesen tárgyalja. Ennek lényege a következő: ismétlődő külső terhelés hatására az anyag károsodik, amely a

ciklusonkénti hiszterézis hurkokban megnyilvánul. Ez a egy darabig az anyagban, a szilárd testben random eloszlású. A későbbi stádiumban a károsodás lokalizálódása valósul meg. Ezen átmenet feltételeire nézve kritériumokat fogalmaz meg a kifáradási folyamat élettartam szakaszában ugyanúgy, mint a kifáradási tar tartományában. A könyvet jó szívvel ajánlom mind a kifáradással foglalkozó hazai szakemberek, mind pedig a témakörben mélyebb ismeretek megszerzésére törekvő, az orosz nyelvterületen otthonosan mozgó egyetemi hallgatók számára. Újból kihangsúlyozván a korlátozott példányszámon keresztül a nehéz hozzáférhetőséget, egyes részeket az érdeklődők számára örömmel továbbítok.

Tóth László
egyetemi tanár

V. F. Terentyev, Sz. A. Korableva: Fémek kifáradása

A legendás híró Bajkov Intézet (teljes nevén az Orosz Tudományos Akadémia A. A. Bajkov nevét viselő Kohászati és Anyagismereti Intézete) 2015-ben a fenti címmel mindössze 300 példányban adta ki a rendkívül lebilincselő és hasznos könyvet a kifáradás jelenségének boncolgatásáról. A Bajkov Intézet ezen osztályán az a V.S. Ivanovna volt a meghatározó egyéniség, akinek rendkívül jó kapcsolata volt hazánkkal. Ebben kétségtelen meghatározó szerepet játszott a néhai Gillemot László akadémikus, a BME Mechanikai Technológiai Tanszék volt vezetője, az egyetem rektora. E kapcsolatot fejlesztették tovább munkatársai, közöttük Kator Lajos, Artinger István, Ginsztler János, ill. kapcsolódtak a már élő és gyümölcsöző együttműködéshez Miskolcra (Tóth László és Nagy Gyula). Jómagam 1972-től kezdődően állok szinte napi kapcsolatban az osztály munkatársaival, közöttük az ismertető könyv egyik szerzőjével, V. F. Terentyevvel. Visszatérve az osztály valóban legendás híró tagjához, az 1923-ban született V.S. Ivanovnához, szakmailag igen termékenynek bizonyult, amit 22 könyve és több mint 400 cikke is bizonyít. Alapvetően az anyagok szilárdságának, törésének és kifáradásának fizikai alapjaival foglalkozott. Ezt a fő „csapásvonalat” követték munkatársai is a tíz évvel később született V.F. Terentyev is,

A 484 oldal terjedelmű könyv 12 fejezetre tagozódik.

A **12 oldal** terjedelmű **bevezető** rész, alapvetően az anyagok szilárdságával és a kifáradás jelenségének kutatásával foglalkozó szakemberek eredményeinek történelmi áttekintésével foglalkozik. Ebben szerepet kap Leonardi da Vinci, Galileo Galilei, A. Wöhler, I. Bauschinger, stb. Számos, a világot megrázó olyan katasztrófákról is olvashatunk, amelyet az anyagok kifáradása idézett elő. Ezek nem csupán a régmúltat idézik fel, hanem napjaink történelméhez is kötődnek, pl. 1998-ban a „Wilhelm Conrad Röntgen EURO CITY” baleste, avagy a 2009-ben bekövetkezett vízerőmű 74 áldozattal járó katasztrófája.

Az igen rövid, mindössze **8 oldalnyi első fejezet** a kifáradás alapfogalmait és a jelenség vizsgálati módszereit, szabványait szedi csokorba.

A képlékeny alakváltozás és a repedések keletkezésének mechanizmusait foglalja össze a **28 oldal** terjedelmű **második fejezet**. Ebben tárgyalásra kerülnek a kristályrendszerek szerepe, a diszlokációk típusai és ezek mozgásának sajátosságai, ill. a fázisos repedések kialakulásának lehetséges módozatai. A repedések ismétlődő terhelés hatására bekövetkező növekedésének jellemzésére kidolgozott törésmechanikai elvek összefoglaló bemutatására válik a **39. oldal** terjedelmű **harmadik fejezet**. E rész kitér az alapelvek és az anyagjellemzők kísérleti módszereinek ismertetésére. A fejezet előszavában ugyancsak értékes történelmi, történelmi áttekintést kaphatunk e tudományterület kialakulásáról, fejlődéséről.

A **negyedik, 26 oldal** terjedelmű **fejezet** megírása a Wöhler görbe jellegzetes szakaszaihoz kötődik, kezdve a kisciklusú fáradástól a gigaciklusúig. Az alapvető értelmezési problémáktól kiindulva jelentős mennyiségű anyagjellemzőket is magába foglal e, mérnöki szemléletmódot követő fejezet.

A mindössze **21 oldalnyi ötödik fejezet** újból a fémfizikai szemléletet követve mutat rá a kifáradás folyamataira, annak egyes periódusaira, kezdve a csúszási sávok megjelenésétől a makroszkópikus repedések növekedésén át a teljes törésig. Ezen áttekintő rész tulajdonképpen a következő két fejezetben ismertetettek rövid összefoglalásaként tekinthető.

A **hatodik fejezet 54 oldal** terjedelemben