

## Gondolatok, észrevételek a „szerkezetintegritás” és a „szakítóvizsgálat innovatív kiértékelésének” módszertanához

### Reflections, remarks on the methodology of „structural integrity assessment” and „innovative evaluation of the tensile testing”

Az Anyagvizsgálók Lapjának 2023/III. számában a HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont munkatársai tollából három olyan gondolatébresztő közlemény jelent meg [1-3], amely olvasatom szerint „egy töről fakad”. Ugyanebben a számban egy rövid közlemény a napjaink anyagvizsgálati eljárások központi kérdésköréhez, az ún. „mini-próbatestek” alkalmazáshoz kötődik [4]. Őszintén be kell vallanom, hogy nem voltam bírálója a beküldött kéziratok egyikének sem, de ha véletlenül az is letterem volna, akkor is alapvetően a megjelent változatokkal találkozott volna a Tisztelt Olvasó. Akkor „miért is ragadtam tollat”? - kérdezheti a Tisztelt Olvasó. Az ok viszonylag egyszerű, a következő két életszemléletemből adódik:

1. Meggyőződéssel hiszem és vallom, hogy csak nyílt, őszinte szakmai viták segíthetik a szakmai fejlődést és a „gondolat gondolatot szül” elv érvényesülését.
2. A „szakma az szakma”, a „barát az barát”, a kettő egymást nem befolyásolhatja, nem keverhető!

Ezen alapállásból kiindulva szeretnék két témakörben, a „Szerkezetintegritás” és a „Mechanikai anyagvizsgálat” gondolataimat összevetni a hivatkozott közleményben olvasottakkal.

### 1. Szerkezetintegritás

Örömmel és érdeklődéssel tapasztaltam, hogy e témakörben a közlemény összeállítója visszanyúlt az elméleti alapokig. Úgy is fogalmazhatok, a „tisztá forrásig”, mint ahogyan ezt Kiss Lajos [5], a Miskolci Egyetem Mechanika Tanszék docense is számtalanszor hangoztatta az Országos Törésmechanikai Szemináriumok során. Messzemenőig egyetértek e szemlélettel, hiszen én is egyike vagyok annak a 17 főnek, akik 1969-ben szereztek gépészmérnöki diplomát a Sályi István által alapított alkalmazott mechanikai ágazaton<sup>1</sup>. A tradicionális diákmondás szerint: ha egy jó puskát csinálsz, akkor a készítés során meg is tanulod az anyagot! Ezt tanúsítja egy, 1969-ben az államvizsgára, „Kontinuummechanika alaptörvényei és a rugalmasságtan alapegyenletei” témakörből készített puskám két oldala. Rápillantva is azonnal érzékelhető, hogy sok hasonlóság fedezhető fel a hivatkozott [1-3] közleményekben – és a Fekete Tamás által is meghivatkozott Béda-Kozák-Verhás (B-K-V) „Kontinuummechanika” című könyvben [8] – között összefüggések és a „puska” nehezen olvasható oldalai között. A kissé „vájít-fülűek” az „indexes”-jelölés, amelyet a vektor- és tenzorszámításoknál kiterjedten alkalmaznak. A kissé „vájít-fülűeknek” viszont egyértelmű, hogy az „indexes-jelölésrendszerrel” van szó, amelyet a vektor- és tenzorszámításoknál kiterjedten alkalmaznak.

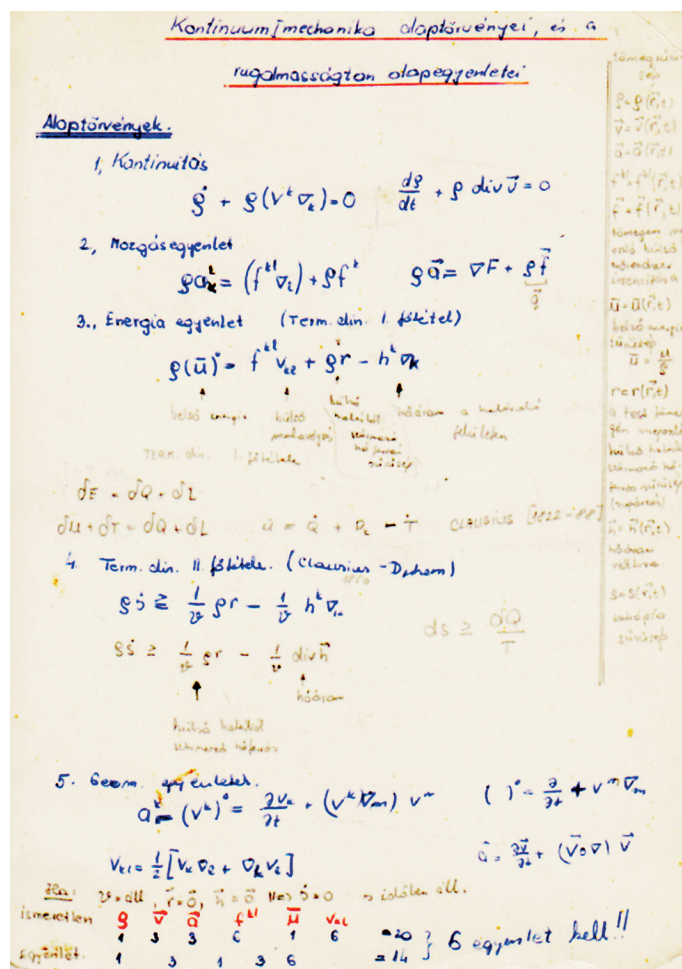
Anélkül, hogy a részletekbe bocsátkoznék, a kontinuummechanika támaszkodik az

#### 1. ALAPTÖRVÉNYEKRE

- kontinuitásra,
- a mozgásegyenletre,
- az energiamérlegre,
- **a termodinamika II. főtételeire,**
- a geometriai egyenletekre és az

2. ANYAGEGYENLETRE, amely az alakváltozási mezőből a feszültségmezőt számítja, vagy egyszerűbben fogalmazva, a két mezőt jellemző tenzorok elemei közötti kapcsolatot definiálja.

Az ALAPTÖRVÉNYEKBE szereplő **változó mennyiségek száma** mindig TÖBB, mint a rendelkezésre álló **egyenletek száma**, következésképpen az ANYAGEGYENLETEK



1. ábra: A kontinuummechanika alaptörvényei (államvizsga felkészülésre készített „puska” 1. oldala, 1969)

<sup>1</sup> A BME-n Magyar József akadémikus az 1990-es reform periódusban irányította az Alkalmazott Mechanika Modul kidolgozását (ahol ezt a diákok „táltos-képzőnek” is nevezték). Lásd [6-7].

Rugalmasságtan alapegyenletei

Anyagegyenlet:

$$\underline{\sigma} = 2G \left[ \underline{\varepsilon} + \frac{\lambda}{m-2} \underline{\varepsilon} \right] \quad \underline{\sigma} = \frac{1}{2G} \left[ \underline{F} - \frac{\underline{F}}{m-2} \underline{\varepsilon} \right]$$

lokális tenzorok:

$$\Delta A + \frac{m}{m-2} (\nabla \nabla) A_I = \frac{1}{2G} [\nabla (\rho \vec{q} - \vec{q}) + (\rho \vec{a} - \vec{q}) \nabla]$$

$$g^{im} \nabla_m \nabla_r Q_{ik} + \frac{m}{m-2} \nabla_k \nabla_c A_I = \frac{1}{2G} [\nabla_c (\rho a_{ic} - \dot{q}_c) + (\rho a_{ic} - \dot{q}_c) \nabla_c]$$

kompozitív tenzorok:  
kompozitív tenzorok:  $\Delta A_I = (\nabla \nabla) A - A (\nabla \nabla) A_I = 0$

$$g^{im} \nabla_r \nabla_m Q_{ik} - \nabla_k \nabla_r Q_{ik} - \rho_{ik} g^{lm} \nabla_m \nabla_l Q_{ik} + \nabla_k \nabla_l A_I = 0$$

Elmozduló testekre: NAVIER 1827 Cauchy 1827-28.

$$\left. \begin{aligned} g^{kr} \nabla_k f_{rs} + g_s = S Q_s \\ f_{rs} = 2G \left[ Q_{rs} + \frac{\lambda}{m-2} g_{rs} \right] \\ Q_{rs} = \frac{1}{2} [\nabla_r t_s + t_r \nabla_s] \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} g^{kr} \nabla_k \nabla_r t_s + \frac{m}{m-2} \nabla_s A_I = \frac{1}{G} [S Q_s - Q_s] \\ \Delta t + \frac{m}{m-2} \nabla (\nabla t) = \frac{1}{G} [S \vec{q} - \vec{q}] \end{aligned} \right\}$$

Feszítő tenzor: BELTRAMI 1892

az elmozduló testekre felírt mozgásegyenletbe a Hooke-törvényt k  
va ill. az  $A_I = \frac{m-2}{mE} F_I - t$

2. ábra: A rugalmasságtan alapegyenletei (államvizsga felkészülésre készített „puska” 2. oldala, 1969)

azok, amelyek biztosítják az egyensúlyt az egyenletek és ismeretlenek között. Az anyagegyenleteknek ki kell elégíteniük bizonyos, az alaptörvényekből adódó feltételeket, de paramétereiket kísérletileg meghatározzák. Az anyag-törvények vagy termodinamikailag determináltak, vagy axiómákra alapozottak (lásd a hivatkozott B-K-V könyv 10. fejezetét [8], de említhetjük a Prager-Hodge [9] vagy Mózés-Vámos [10] könyveket is).

A szerkezetintegritás elemzésének TRADICIONÁLIS metodikája külön-külön kezeli magát a szerkezetet, annak minden egyes veszélyes helyein (anyagában különböző mechanizmusokkal végbemenő károsodásait, repedések lehetséges terjedéseit, azok mechanizmusait stb.), és elemzi minden egyes veszélyes károsodási helyhez, mechanizmushoz tartozó károsodás mértékét. Ezekhez a kritikus károsodásokhoz viszonyítva képes valamilyen lokális biztonsági tényezőket definiálni, amelyekből a szerkezetre nézve definiál biztonsági tényezőt. Ezen TRADICIONÁLIS metodikán, annak „finomhangolásán” folyamatosan dolgoznak a világ nukleáris iparának szakemberei. Az így felépített biztonsági értékelési rendszerek a nukleáris iparban széleskörben elterjedtek és egységes gyakorlati alkalmazásukra szabványos előírásokat dolgoztak ki.

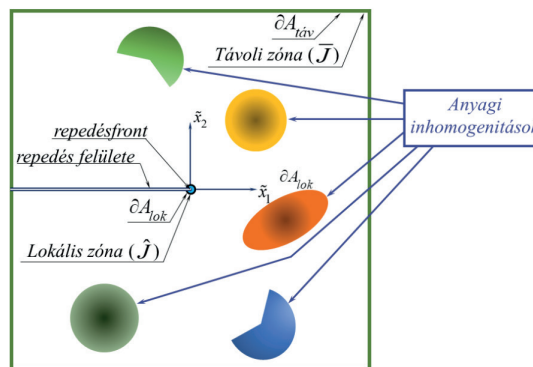
A mikroelektronikai és a számítástechnikai eszközrendszer robbanásszerű fejlődése magával hozta azonban az egyre szofisztikáltabb elméleti alapokon nyugvó elvek esetleges gyakorlati alkalmazásokba történő átültetésének

lehetőségeit hordozó megfontolások kidolgozását a szerkezetintegritás mérlegelése kapcsán is. Ezt az irányt jellemezze például egy Sydney-ben 2014-ben tartott szerkezetintegritási konferencia előadásainak sokszínűsége. A kiadvány címlapját szemlélteti a 3. ábra, tartalomjegyzéke pedig a [11] honlapon tekinthető meg.



3. ábra: A konferenciakiadvány címlapja [11]

Ezen az úton indult el a HUNREN „csapat” is azzal, hogy ÚJ MÓDSZERTAN kidolgozásába kezdett a szerkezetintegritás értékelésében. E metodikában figyelembe kívánja venni a **lokális disszipációs folyamatokat**, amelyek adódhatnak különböző anyagi károsodásokból, lokális repedések megjelenéséből, terjedéséből. Az elgondolás lényegét igen kifejező ábrával testesíti meg, amely – jelen cikkben – a 4. ábrán látható.



4. ábra: Az „anyag inhomogenitások” és „anyaghiányok”, mint „disszipatív helyek” kezelése a szerkezetintegritás értékelésében

Amennyiben fizikailag korrekt, vagy a tapasztalat által igazolt modellekkel alátámasztottan értékelni tudja a lokális helyeken jelentkező „disszipatív” („öregedési”) jelenségeket, úgy az e helyekhez kötött koordináta-rendszereket kiegészíti az „idő koordinátaival” a folyamat lefolyásának időbeli jellemzésében. A repedések közvetlen környezetében lejátszódó „disszipációkat” pedig a J-integrál lokális nagyságával, azaz  $\hat{J}$  értékével és a távoli  $\bar{J}$  tagokból álló általánosított (Generalized) GJ-integrál [12] írja le. A közlemény szerzője, Fekete Tamás megjegyzi

„Az általánosított J-integrál (GJ-integrál) bemutatott definíciójából látszik, hogy egyesíti a törésmechanika klasszikus globális és lokális szemléletű (local approach) leírás módjait; akár több fizikai mező – termikus, mechanikai stb. – együttes terhelésének kitett disszipatív vagy konzervatív, homogén vagy inhomogén anyagokban terjedő repedések viselkedésének leírására alkalmas.”

„Az általánosított J-integrál útfüggő volta nyilvánvalóan magával vonja a meghatározásához szükséges elméleti és numerikus apparátus komplexebbé válását, azonban utat nyit a repedések stabilitási viszonyainak a modern stabilitásemlelet szellemében történő tanulmányozásához.”



Az ÚJ MÓDSZERTAN elméleti alapjaival és GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGÁVAL kapcsolatban felmerült számos észrevétel közül csupán néhányat emelek ki:

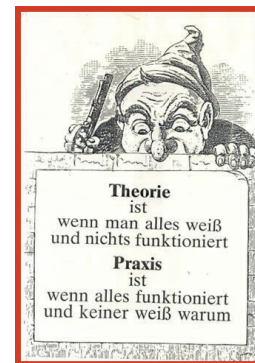
- Az ismertett ÚJ MÓDSZERTAN mennyiben „nagy-méretű nyomástartó rendszer” specifikus, mint ahogyan az a közlemény címében olvasható?
- Termodinamikailag zárt vagy nyitott rendszerhez kötődő megfontolásokat alkalmaz [13]?
- A kontinuummechanikai viszonyok tárgyalása során miképpen egyeztetni az ALAPTÖRVÉNYEK közül a termodinamika II. főtételéhez és ANYAGEGYENLETHEZ (anyagtörvényekhez) kötődő megfontolásokat, hiszen ez utóbbiak is lehetnek termodinamikailag determináltak?
- Hogyan értelmezi e mondatában a kiemelt részt: „nyilvánvalóan magával vonja a meghatározásához szükséges elméleti és numerikus apparátus **komplexebbé válását**”.
- Milyen modelleket kíván alkalmazni az „*anyag inhomogenitások irreverzibilis folyamatainak*” jellemzésére?
- Hogyan jelöli ki a különböző „*anyag inhomogenitások*” geometriai tartományait, határait?
- Hogyan kezeli a különböző „*anyag inhomogenitások*” esetleges kölcsönhatásait?
- Milyen ellenőrző programokat javasolna az előző pontban említett, „*irreverzibilis folyamatok*” monitorozására?
- Hogyan, milyen mutatóval/mutatókkal/mennyiségekkel szeretné jellemezni a szerkezetintegritás mértékét/a szerkezet biztonságát?
- Ha az „*általánosított J-integrál útfüggő*” akkor milyen elveken nyugszik egy kiválasztandó, előre definiálendő integrálási útvonal, amely megjelenhet szabványokban, műszaki előírásokban?
- ...

Kérdéseimet nem kívánom sorolni, csupán egy utolsóval szeretném lezárni.

- Ismer-e a Szerző világunk nukleáris erőműi iparában olyan dokumentumot/műszaki megfontolást, amely a javasolt „ÚJ MÓDSZERTAN” elvein nyugszik? Örömmel várnám az ilyen anyagokat, dokumentumokat.

Félreértés ne essen, **műszaki** (nem politikus, jogász, közgazdász) **ember vagyok**, meggyőződéses híve voltam/vagyok és leszek az elméletileg (is) megalapozott szakmai cselekvésnek. Következésképpen személy szerint elismerem és támogatom minden olyan fejlesztést, fejlődést, amely a tudományterületünk biztosabb és mélyebb alapjain nyugszik. Ezért üdvözlöm a megjelent írásokat. Ha a gyakorlati alkalmazhatóságot mérlegelem, akkor úgy tudnám szemléletesen jellemezni az „ÚJ MÓDSZERTANT”, hogy „már forr a must, de most még csak murci és nem bor!” Ha más módon szeretnék állást foglalni, akkor azt a „szlogent idézem életemből”, amely évtizedekig a munkahelyi szobám falán „lógott” a Miskolci Egyetem Mechanikai

Technológiai Tanszéken. Ezt szemlélteti az 5. ábra.

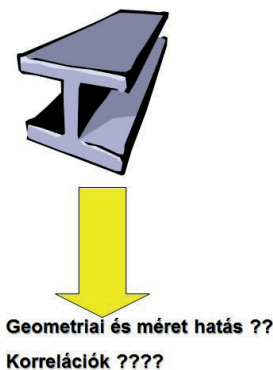


5. ábra: Az „elmélet” és „gyakorlat” viszonya a szakmai humor területén

## 2. Mechanikai anyagvizsgálat

A hozzászólásomban érintett problémakör a mechanikai anyagvizsgálatok „innovatív” kiértékelésének MÓDSZERTANÁHOZ, az említett közlemények közül közvetlenül [2-3], közvetve pedig a [2-4] cikkekhez kötődik. Álláspontom érzékeltetéséhez az egyetemi oktatásban több évtizede használt ábráimra támaszkodom. Mit is teszünk egy mechanikai anyagvizsgálat során, ha kíváncsiak vagyunk MÉRNÖKI szempontból egy adott anyagjellemzőre?

Az első lépésként kimunkálunk egy PRÓBATESTET, amelyen a VIZSGÁLATOT majdan elvégezzük. Az első és egyben ALAPVETŐ KÉRDÉS, hogy a próbatest maga tartalmaz olyan **geometriai paramétert**, amely befolyásolja a vizsgálat eredményeit? Ezt szemlélteti a 6. ábra.

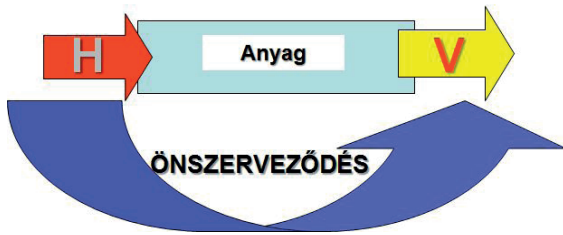


6. ábra: Az anyagtulajdonság kísérleti meghatározásának első problémaköre; a kimunkált próbatest esetleges geometriai és mérethatása

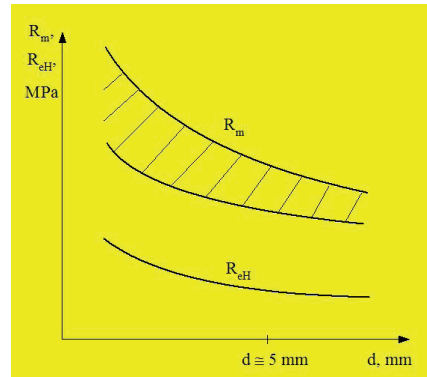
Első lépésben tételezzük fel azt az egyszerű – szinte kizárható – esetet, hogy ilyen geometriai hatással nem kell számolni. Ekkor a vizsgáló személy eldönti, hogy

- milyen terheléstörténettel (igénybevételekkel: – hajlítás, húzás, nyomás, csavarás –, milyen sorrendben, milyen terhelési sebességekkel stb.)
- milyen hőmérsékleten és
- milyen közegben

hajtja végre egy adott célból kivitelezett vizsgálatot, azaz



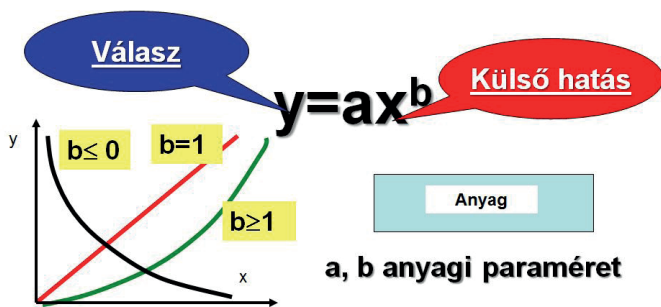
7. ábra: A külső hatást (H) alkalmazva a próbatesten a vizsgálat során az anyag „válaszol” (V), mint a legegyszerűbb önszerveződő rendszer



11. ábra: A próbatest átmérőjének hatása a mért szakítószilárdság és folyási határ értékére

milyen anyagtulajdonságot kíván mérni. A vizsgálatot mindig a teljes károsodásig, a törésig végzik. Ezt a folyamatot illusztrálja a 7. ábra.

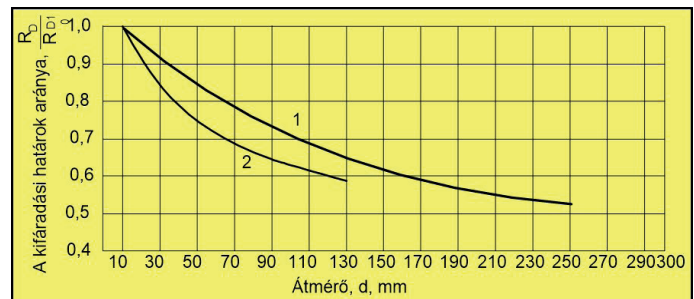
Ebben a V-válaszban csak az adott „anyagtulajdonság” játszik szerepet, mivel a geometriai hatást bizonyítottan kizártuk. A vizsgálatok eredményeinek értékelés során gyakran úgy járunk el, hogy feltételezünk valamilyen kapcsolatot a külső hatás és az anyag válasza között. Ezt szemlélteti a 8. ábra.



8. ábra: Az anyagra ható külső hatás (H) és az önszerveződő anyag „válasza” (V) közötti lehetséges kapcsolat

Ebben az esetben mindig két paraméter, az a és b jellemzi a vizsgálat anyagtulajdonságát! Kúszás esetén a 9. ábra szemléltet néhány ilyen kifejezést, míg kifáradás témakörében a 10. ábrán láthatunk hasonlókat.

az ún. mérethatás, amely igenis jelentős hatást gyakorolhat a vizsgálat eredményére. Ezek közül két témakört emelnék ki, a szakítóvizsgálatot és a kifáradási jellemzők közül a kifáradási határt. Ezekre szemléltet példákat a 11. és 12. ábra.



12. ábra: A próbatest átmérőjének hatása a d és d=10 mm átmérőjű próbatesteken mért kifáradási határok arányára.  
1 – ötvöztelen acéloknál  
2- ötvözött acéloknál

A mechanikai vizsgálatok kapcsán az észrevételekben röviden ismertetett gondolatok kapcsán nem igen találom helyét, szerepét a javasolt „digitális ikerpároknak” a szakítóvizsgálatok innovatív kiértékelésének módszertanában, sem pedig a próbatestek méretének csökkentésében, miniatürizálásában. Ennek több oka is van. Az anyagok **rugalmas viselkedésének tartományában** egy lapos próbatest felületére felvitt geometriai háló jellegzetes pontjainak  $\vec{\epsilon} = \vec{\epsilon}(\vec{r}, \tau)$  elmozdulásvektora – ahol  $\vec{\epsilon}$  az elmozdulásvektort és  $\vec{r}$ , a helyvektort,  $\tau$  pedig az időt jelöli – megfigyelhető, mérhető. A rugalmassági jellemzők figyelembevételével a próbatest bármely pontjában a feszültségi és alakváltozási tenzorok elemei a rugalmasságtan elveinek, egyenleteinek felhasználásával számíthatóak. Ugyanez nem követhető az alakváltozások képlékeny tartományában, mert egyrészt valamilyen modellre van szükség az egyenértékű feszültségek számítására, a folyási feltételek megfogalmazására és a geometriai hatástól független anyagegyenlet ismeretére.

A „mini-próbatestek” alkalmazhatósági határai, korlátjai – véleményem szerint – szabványosított alak és anyag-típusonként végrehajtott kísérletsorozattal tisztázhatók.

Toth László  
ny. egyetemi tanár

### KÚSZÁS:

Norton (1929)

$$d\epsilon/dt = C_1 \sigma^{n_1}$$

$$t_f = C_1' \sigma^{-n_1'}$$

$$d\epsilon/dt = C_1'' t_f^{-n_1''}$$

9. ábra: Anyagok kúszási folyamatainak leírására használatos kétparaméteres kifejezések

### FÁRADÁS:

Basquin (1910)

$$N_f = C_2 \sigma^{-n_2}$$

Manson (1954)

$$\epsilon_p N_f^{n_3} = C_3$$

Paris (1961)

$$da/dN = C_4 (\Delta K)^{n_4}$$

10. ábra: Anyagok kifáradási folyamatainak leírására használatos kétparaméteres kifejezések

Az a kérdés jelen szempontokból messzire vezet, hogy az anyagok azon csoportjánál, amelyeknél a károsodási folyamatok azonosak, miért kell azok tulajdonságát 2 db. különálló paraméterrel jellemezni [14]?

Annak érdekében, hogy bárhol a világon végzett mechanikai vizsgálatok eredményei összehasonlíthatók legyenek – azaz a geometriai hatást kiküszöböljék – a próbatestek kialakítását szabványosították. Így még mindig marad

## Irodalomjegyzék

- [1] Fekete T.: Nagyméretű nyomástartó rendszerek szerkezetintegritási kérdéseiről, *Anyagvizsgálók Lapja*, 2023/III. lapszám, 22-27. old.
- [2] Fekete T.: Anyagvizsgálatok és kiértékelésük innovatív módszertana, *Anyagvizsgálók Lapja*, 2023/III. lapszám, 28-38. old.
- [3] Fekete T., Antók D., Tatár L., Bereczki P.: Szakítóvizsgálatok kiértékelési módszertanáról, *Anyagvizsgálók Lapja*, 2023/III. lapszám, 39-54.
- [4] Cinger D., Hargitai B., Csikós K.A., Szenthe I.: Mini-szakító próbatestek fejlesztése, *Anyagvizsgálók Lapja*, 2023/III. lapszám, 55-57. old.
- [5] Kiss Lajosné: Dr. Kiss Lajos Emlékalbum. Gazdász Elasztik Kft. 2006. 272 old.
- [6] BME Gép- és Terméktervezés Tanszék, A tanszékről: <https://gt3.bme.hu/bemutatkozás.php?aloldalid=14> (Megtekintve: 2024.01.12.)
- [7] Tóth László: Képzelt beszélgetésem professzorommal Lévai Imrével, Miskolc, 2019, 67. old. <https://mek.oszk.hu/19100/19188/index.phtml> (Megtekintve: 2024.01.12.)
- [8] Béda Gy., Kozák I., Verhás J.: *Kontinuummechanika*. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1986.
- [9] Prager W., Hodge P. G.: *Tökéletesen képlékeny testek*. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1965.
- [10] Mózes Gy., Vámos E.: *Reológia és reometria*. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1968.
- [11] Recent Advances in Structural Integrity Analysis - Proceedings of the International Congress (APCF/SIF-2014) könyv tartalomjegyzéke: [https://books.google.hu/books/about/Recent\\_Advances\\_in\\_Structural\\_Integrity.html?id=NLKYBAAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.hu/books/about/Recent_Advances_in_Structural_Integrity.html?id=NLKYBAAAQBAJ&redir_esc=y) (Megtekintés: 2024.01.12.)
- [12] Ohtsuka K.: Generalized J-integral and Its Application. *Japan J. Appl. Math.*, 3 (1985) 329-350.
- [13] Turányi Tamás: Fizikai kémiai előadások 3. jegyzete: A termodinamika II. és III. főtétele, 2020: [http://garfield.chem.elte.hu/Turanyi/oktatas/fizkem\\_csomag/TT3\\_masodik\\_fotetel.pdf](http://garfield.chem.elte.hu/Turanyi/oktatas/fizkem_csomag/TT3_masodik_fotetel.pdf) (Megtekintve: 2024.01.12.)
- [14] L. Tóth: Materials as the Simplest Self-Organised Systems, and the Consequences of This. Springer International Publishing Switzerland 2017, G. Pluvinage and L. Milovic (eds.), *Fracture at all Scales, Lecture Notes in Mechanical Engineering*, DOI 10.1007/978-3-319-32634-4\_3 p.41-57.

## EXTENDE bemutatása

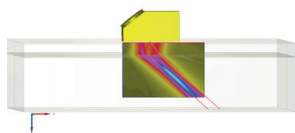


Az EXTENDE vállalat 2010-ben kezdte meg tevékenységét. Az EXTENDE a CEA LIST, a roncsolásmentes vizsgálati technikák innovációjához tartozó kutatóközpont és többek között CIVA szoftver fejlesztője, valamint legújabb terméke a TrainDE.

## CIVA szoftverről:

A CIVA egy több technikát (ultrahang, örvényáram, radiográfia, ...) alkalmazó szoftvercsomag. A felhasználói felület minden modulhoz hasonló, és az NDT szakmához és annak használatához igazodik (a próbatest, a az anyagfolytonossági hiány, a vizsgálófej és mozgásai, az anyagok).

A CIVA szoftveren keresztül elérhető szimulációk lehetővé teszik a vizsgálati eljárás optimális kiválasztását. A szoftver hozzájárul, hogy figyelembe lehessen venni a vizsgálat során a legtöbb befolyásoló paramétert, ami a jelátalakítót, a vizsgált darab geometriáját vagy anyagát, de a keresett hibákat is érinti. Mindezen paraméterek finomhangolásával meghatározható a vizsgálathoz legmegfelelőbb módszer, illetve értékelhető egy meglévő eljárás teljesítménye és relevanciája.



## A CIVA szoftver segít:

- a vizsgálati folyamat megtervezésében,
- a vizsgálat megvalósíthatóságának ellenőrzésében,
- az eljárás optimalizálásában, validálásában,
- vizsgálófej, szonda tervezésében,
- összetett diagnózis szimulálásában,

- a befolyó és bizonytalan paraméterek eredményekre gyakorolt hatásának számszerűsítésében,
- a teljesítmény demonstrálásában (POD görbék felvételével, érzékenységi vizsgálatokkal),
- a vizualizációban a fizikai jelenségek megértéséhez.

## TRAINDE-ről:

A TrainDE a virtuális oktatási eszközöknek köszönhetően javítja a roncsolásmentes vizsgálatok oktatását. Hozzájárul a vizsgálatok képzéséhez, a tanúsításhoz, a folyamatos szakmai fejlődéshez és az NDT fizikájának a megértéséhez. A TrainUT egy virtuális eszköz, amely egy jeladatbázissal társítva szimulálja a valós vizsgálati körülményeket számos alkalmazáshoz, míg a TrainRT egy virtuális valóság szoftver, mely számos alkalmazás (hegezett csövek és lemezek, öntött minták, röntgen- és gammacsövek ...) vizsgálati körülményeit reprodukálja.



További információk a honlapon:

- <https://www.extende.com/>  
<https://trainde.extende.com/>