

KÁRELEMZÉS, TÖRÉSEK GAZDASÁGI KIHATÁSAI

A KÁRELEMZÉS JELENTŐSÉGE, MÓDSZERTANA, ESZKÖZEI

TÓTH LÁSZLÓ

Miskolci Egyetem, Bay Zoltán Intézet

MAGYAR ZOLÁN

Miskolci Egyetem

LÉVAY ISTVÁN

Miskolci Egyetem

Készült: a TEMPUS S_JEP_11271 projekt támogatásával

Miskolc
- 1999 -

Kiadja a Miskolci Egyetem

A kiadásért felelős: *Dr. Tóth László*

Műszaki szerkesztő: *Dr. Tóth László*

Példányszám: 40

Készült Colitó fóliáról az MSZ 5601-59 és 5602-55 szabványok szerint

Miskolci Egyetem Sokszorosító Üzeme

A sokszorosításért felelős: *Kovács Tiborné*

TB. - '99- - ME

A levonat sokszorosításba leadva: 1999. augusztus 12.

ELŐSZÓ

Minden történelmi korszak fejlődésének megvan a maga hajtóereje. Míg a XIX. században a tudomány előrehaladását egyértelműen a vasúti közlekedés robbanásszerű elterjedése hatotta át (évente átlagosan 10.000 km hosszágban építettek új vasútvonalakat), addig jelen korunkban a mikroelektronika adta lehetőségek szőtték át a mindennapjainkat, így a műszaki életünket is, szolgáltatva annak fejlődéséhez szükséges hajtóerőt. E két periódus fejlődésének sajátosságai természetesen megmutatkoztak a társadalmi struktúra formálódásában is. Az elmúlt században kialakult a nagyüzemi munkásság, megvalósult a tőke koncentrációja és létrejött a reál - dominánsan a műszaki - tudomány művelőinek népes tábora. Ez utóbbiak kivívták maguknak a széles társadalmi elismertséget, hisz tevékenységük közvetlenül hozzájárult a társadalom látható fejlődéséhez. Napjaink sajátossága az *információs társadalom* kialakulása, amelyben a mikroelektronikai elemek fejlődése átszövi a mindennapi életünk, tevékenységünk lehetőségeit. A műszaki életben ez többek között a számítástechnika robbanásszerű elterjedését, a diagnosztikai vizsgálatok eszközparkjának átalakulását, az anyagok viselkedésének, tulajdonságainak mélyebb megismerését szolgáló anyagvizsgálati módszerek, eszközök létrejöttét eredményezték. A fejlődés ütemét jól tükrözi az, hogy mindez az utóbbi 20 évben következett be (pl. a számítógépek mikroprocesszorainak műveleti sebessége 1978-1998 periódusban 3 nagyságrendet változott!).

A nagy értékű műszaki létesítményeket, szerkezeteket (hidakat, erőműveket, gáz-olajfeldolgozó rendszereket, vegyipari üzemeket, tranzit energiaszállító vezetékeket, repülőgépeket, hajókat, stb.) 15-50 éves üzemeltetésre tervezik az adott periódusban érvényben levő szabványok, műszaki irányelvek figyelembevételével. Ezekben pedig az azt megelőző néhány év ismeretszintje, technológiai színvonala testesedik meg. A mikroelektronika által diktált fejlődési ütem lehetővé teszi azt, hogy a nagy értékű szerkezetek, létesítmények üzemeltethetőségi feltételeit, maradék élettartamát egyre nagyobb megbízhatósággal becsüljük, azaz integritását egyre kisebb kockázattal ítéljük meg.

Az előzőkből adódóan kialakult egy új, diszciplína, a **„szerkezetek integritása”**, vagy **„szerkezetintegritás”** fogalma és létrejött intézményrendszere szerte a világon. A döntően mérnöki ismereteket integráló tudományterület feladata annak eldöntése, hogy egy adott szerkezet, létesítmény milyen feltételek mellett üzemeltethető a továbbiakban, ill. mennyi a maradék élettartama és ez milyen módon menedzselhető. Ahhoz a szerkezet állapotát a lehető legnagyobb biztonsággal felmérhessük - ebből adódóan a további üzemeltethetőség feltételeit a legkisebb kockázattal megbeccsüljük - elengedhetetlen az, hogy

- *diagnosztikai vizsgálatokkal felmérjük a szerkezet állapotát,*
- *tisztázzuk a valóságos üzemi körülményekre jellemző mechanikai állapotot,*
- *megítéljük a beépített anyagok károsodásának folyamatát és mértékét az adott üzemeltetési feltételek mellett.*

Nyilvánvaló egyrészt az, hogy az előzőekben említett három fő terület (méréstechnika - mechanika - anyag) egyforma jelentőséggel bír a szerkezet integritásának megítélésében és bármelyik terület elhanyagolása, súlyának csökkentése hibás döntéshez, esetleg

katasztrófákhoz vezethet. Nyilvánvaló másrészt az, hogy minden műszaki döntésben, így az üzemeltethetőség feltételeinek megítélésében is, bizonyos kockázat rejlik, hisz a tudomány adott szintjét hasznosítjuk és a rendelkezésre álló eszközpark maga is az adott kor színvonalát képviseli. Ebből adódóan mérlegelni kell az esetleges hibás döntés műszaki, jogi, közgazdasági és környezetvédelmi következményeit. Ezek együttes figyelembevételével viszont már kialakíthatók az ésszerű kockázatvállalás feltételi.

A szerkezetintegritás tehát egy igen komplex terület. Akik ezt művelik azoknak képesnek kell lenniük arra, hogy az üzemeltethetőséggel kapcsolatos problémákat teljes körűen átlássák, kiemeljék a meghatározó paramétereket, kérdéscsoportokat és alkalmasak legyenek arra, hogy az érintett tudományterületek szakembereivel érdemben szakmailag konzultálni tudjanak.

A szerkezetek integritásának, reális állapotának, maradék élettartamának megítélése mind az üzemeltetők, mind pedig a biztosítótársaságok alapvető érdeke. Az üzemeltető szempontjából a tudatos tervezés, fejlesztés megkerülhetetlen sarokpontja az üzemben levő készülékek műszaki állapota, biztonsága; a szükséges biztosítás tekintetében pedig az ésszerű kockázatvállalás, biztosítási összeg alapelve a reális állapot ismerete. Ezek jelentőségét mérlegelve támogatta az Európai Unió a TEMPUS program keretében a „*Teaching and Education in Structural Integrity in Hungary*” címmel összeállított pályázatot, amelynek fő célkitűzése ezen új diszciplína meghonosításán kívül egyrészt a szerkezetintegritás oktatási anyagainak kidolgozása, másrészt a **Szerkezetintegritás - Biztosítási Mérnök Szakmérnöki Szak** beindítása. A négy hazai intézmény - Miskolci Egyetem, Budapesti Műszaki Egyetem, Kossuth Lajos Tudományegyetem Műszaki Kara és a Széchenyi István Műszaki Főiskola szakembereinek bevonásával elérendő célok megvalósítását nagyban segítették a következő külföldi partnereink:

- Prof. T. Varga, Bécsi Műszaki Egyetem
- Prof. H. P. Rossmanith, Bécsi Műszaki Egyetem
- Dr. J. Blauel, Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik
- Prof. S. Reale, Università Degli Studi di Firenze
- Prof. G. Pluvinau, Université of Metz, ill. e füzet társszerzője
- S. Crutzen, Joint Research Centre, Petten.

Miskolc, 1998. június 15.

Tóth László
egyetemi tanár
a projekt koordinátora

Jelen füzet a kárelemzés jelentőségével és módszertanával foglalkozik, valamint egy gyakorlati példán keresztül bemutatásra kerül az a gondolkodásmód, amelynek következetes véghezvitele elvezethet egy káreset okának, okainak pontos megismeréséhez. A begyakorlást nagyban segítheti egyrészt a káresetek adatbankját tartalmazó szoftver, másrészt a tématerülethez tartozó folyóirat megismertetése.

A sokszor emberi életek sokaságát kioltó katasztrófák, avagy az üzemszerű felhasználást gátló káresetek pontos okainak feltárása komplex ismeretek követel. A mérnöki szerkezeteknél maradván ezen okok minden esetben vagy a tágabb értelemben vett **tervezési** (beleértve a funkcionális elemzést, a szilárdsági, esetleg dinamikai méretezést és kivitelezési technológiai sajátosságait is figyelembe vevő anyagválasztást), vagy a **gyártási** technológia hibáira, vagy **üzemeltetési** problémákra vezethetők vissza. Az előzőkből következően sikeres kárelemzés csak kellő színvonalú mérnöki ismeretek birtokában lehetséges, hisz egy-egy konkrét károsodás pontos okának (okainak) feltárásához mindenképpen szükség van

- a megfelelő vizsgálati módszerek kiválasztására az oknyomozáshoz,
- anyagtudományi ismeretekre egyrészt a vizsgálati eredmények értékeléséhez, másrészt az anyagválasztás helyességének mérlegeléséhez,
- gyártás- és szereléstechnológiai ismertekre,
- a mechanikai számításokban való jártasságra,
- az üzemeltetéssel, annak körülményeivel kapcsolatos ismeretekre, azokra vonatkozó előírások ismeretékre.

A fentiekből viszont egyértelműen következik az, hogy a gépészmérnöki graduális képzésben csak a IV-V. éves hallgatóknál oktatható e tárgy kellő színvonalon és eredményességgel. Az „Anyagtudományi Szak” hallgatóinál a „Komplex Tervezés” c. tantárgy oktatása kapcsán szerzett tapasztalatok adtak ösztönzést arra, hogy az érdeklődő szakemberek részére olyan magyar nyelvű szakirodalmat adjunk, amely egyrészt rámutat a problémakör jelentőségére, másrészt metodológiai kérdésekkel foglalkozik felhasználva mindazt, ami a nemzetközi szakirodalomban fellelhető.

A témakör fontosságát jellemezheti az is, hogy az ASM (Amerikai Anyagtudományi Társaság) kézikönyvet adott ki 1992-ben „*Káresetek kézikönyve a kárelemzésben*” (Handbook of Case Histories in Failure Analysis) címmel, 15 kazettából álló VIDEO tanfolyamot jelentett meg mintegy 12-13 óra terjedelemben, „*Kárelemzési Könyvtár*” (Failure Analysis Library) címmel CD-t jelentett meg 1997-ben, amely tartalmazza az ASM kézikönyveinek 11. és 12. kötetét, az előzőekben már említett „*Káresetek kézikönyve a kárelemzésben*” mindkét kötetét, a „*Káresetek a kárelemzésben*” és a „*Szerkezeti elemek károsodásának megértése*” c. könyveket. Az Elsevier kiadó 1994-től „*Mérnöki Kárelemzés*” (Engineering Failure Analysis) címmel folyóiratot indított.

Célunk kettős. Egyrészt a TEMPUS támogatással a „*Teaching and Education in Structural Integrity in Hungary*” programban a szerkezetek integritása területén megvalósítandó első hazai posztgraduális képzéshez olyan magyar nyelvű szakirodalmat adjunk, amely segíti az elsődleges tájékozódást és a hasznosan hozzájárulhat a kitekintéshez. Másik nem titkolt célunk pedig az, hogy érzékeltesük a kárelemzés fontosságát a graduális gépészmérnöki képzésben, annak utolsó szemesztereinek valamelyikében.

Tudomásul véve azt, hogy magyar nyelvű szakirodalom e területen nincs, jegyzetünkkel támogatni kívánjuk a nyelvtanulást is oly módon, hogy elkészítjük a 15 részből álló angol nyelvű VIDEO tanfolyam rövid leírását¹, amely kellően segíti az egyes részek tartalmi megértését. Jól bevált pedagógiai gyakorlat az, hogy egy-egy hallgató egy adott témakör VIDEO anyagát megnézve önállóan készül fel előadás tartására, kihasználva napjaink audiovizuális lehetőségeit. A tapasztalat az, hogy félévente két-három előadást megtartva lényegesen javul a hallgatók rendszerező és kommunikációs készsége. Ennek elősegítését szolgálja az, hogy a „Nyomástartó edények károsodása” c. témakörből egy olyan ismertetést készítünk a kárelemzéshez, amelynek váza más területeken is alkalmazható.

Ugyancsak a nyelvtanulásra való serkentés érdekében közreadjuk az „*Engineering Failure Analysis*” c. folyóiratban eddig publikált káresetek angol és magyar nyelvű címléírásait, ezzel is segítve „tanulni a káresetekből” (learning from failures) elv megvalósulását.

Napjaink informatikai robbanása biztosítja azt, hogy az információk eljuthassanak mindazon szakemberekhez, akik igénylik azokat. Ezt kívánjuk segíteni egyrészt azzal, hogy a TEMPUS program keretében elkészítettük a káresetek adatbankját tartalmazó szoftvert, másrészt azzal, hogy a kárelemzéssel kapcsolatos anyagokat (így e jegyzetet is) folyamatosan megjelentetjük az INTERNET hálózaton.

Ezúton szeretném megköszönni szerzőtársaimnak Magyar Zoltán és Lévy István volt tanítványaimnak az anyag összeállításában, a szoftver elkészítésében és az INTERNET hálózaton való megjelentetésében nyújtott segítségét.

Külön köszönettel tartozom **Dr. H. J. Blauel** úrnak, az Fraunhofer Instirtut für Werkstoffmechanik, Freiburg munkatársának, aki egyrészt három hónapos időtartamra fogadta Magyar Zoltánt, másrészt igen hathatósan segítette a káresetek adatbankját tartalmazó szoftver elkészítését.

Miskolc, 1998. július 20

Tóth László
egyetemi tanár

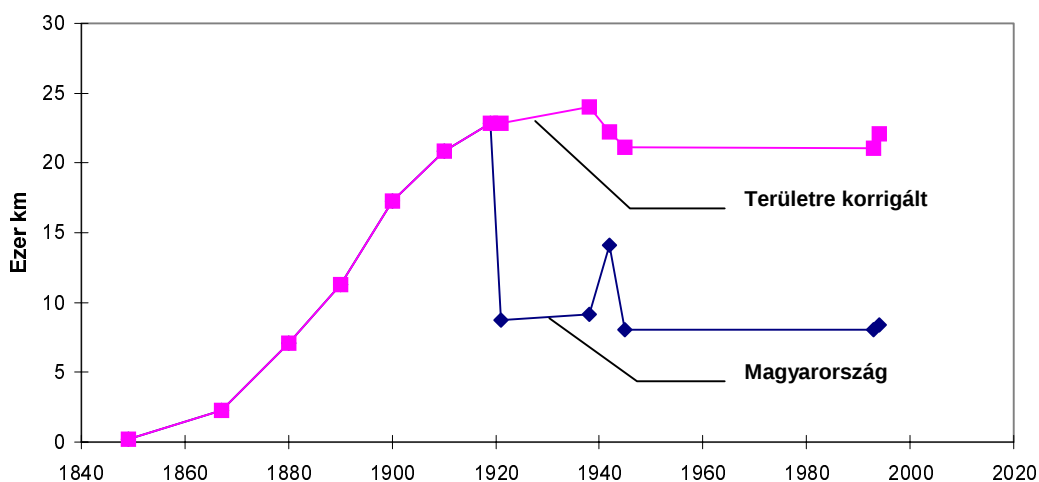
¹ Lenkeyné Biró Gyöngyvér: *Előadások a kárelemzés elveiről*, ASM videó sorozat A TEMPUS S_JEP_11271 sorozat kiadványa. 1999.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Előszó.....	1
2. Kárelemzés jelentősége	6
3. Nyomástartó edények károsodása	12
3.1. ASM VIDEO a nyomástartó edények károsodásáról.....	12
3.2. Esettanulmány a nyomástartó edények károsodásáról	14
4. Károsodási esettanulmányok adatbankja.....	24
4.1. Bevezetés	24
4.2. Általános ismertetés.....	24
4. 3. A szerkesztést végző program	27
4. 4. Az esettanulmányok megjelenítését végző program.....	44
4. 5. Az adatbank tartalma	46
5. Mérnöki kárelemzés (tartalomjegyzék).....	48
1. melléklet: A kiegészítő adatbázis jelenlegi tartalma	61
2. melléklet (formanyomtatvány a káresetek feldolgozásához)	63
3. mellékelt: az adatbank jelenlegi tartalma	69

2. Kárelemzés jelentősége

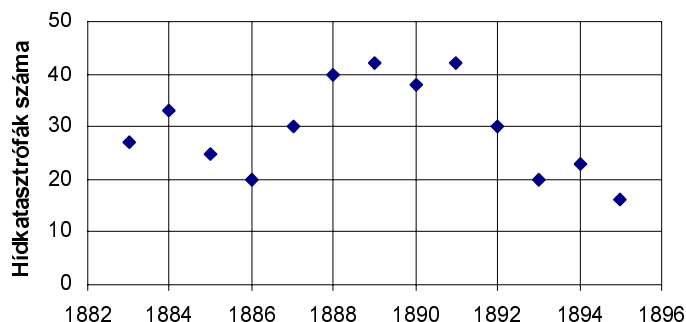
A kárelemzés olyan hosszú múltra tekint vissza, mint maga az emberiség, hisz ha megsérült vagy eltört valami, mindig felvetődött a **MIÉRT** kérdése? A válasz ismeretében pedig önként adódott az ilyen jellegű káreset megelőzésének, kiküszöbölésének lehetősége, amely egyben a fejlődés hordozója is. Ilyen szempontból tehát azt mondhatjuk, hogy a kárelemzés a fejlődés egyik hajtóereje, annak mozgó rugója. Az ipari forradalom megindulásával és az üzemszerű termelés megszervezésével, a tömeges közlekedés elterjedésével a káresetek, a katasztrófák, törések száma és az ezzel együtt járó gazdasági veszteségek rohamosan növekedtek sokszor jelentős emberáldozatot követelve. A múlt század fejlődésének ütemét jellemezze a hazai vasúti hálózat hosszának növekedése. Az 1846. július 15.-én Pest és Vác között a Magyar Középponti Vasút Társaság által megnyitott 33.9 km hosszúságú szakasz a századfordulóra, azaz 54 év alatt 17.245 km-re gyarapodott. Ezt a fejlődést szemlélteti az 1. ábra, amelyen látható, hogy a kiegyezés előtt évente több mint 100 km, a kiegyezés után pedig évente mintegy 450 km hosszban fektettek le új vasútvonalat.



1. ábra. Magyarország vasúti hálózatának hossza

A világ vasúti hálózata is hasonló ütemben változott, azaz kb. a századfordulóig rohamosan növekedett, majd a fejlődés trendje lelassult. Gondoljuk csak meg, a vasúti közlekedés megindulásától, 1825. szeptember 27.-től, az angliai Stockton és Darlington között megnyitott szakasztól a századfordulóig mintegy 800.000 km hosszúságban fektették le a vasútvonalat. Ez még átlagosan több mint 10.000 km/év vasútépítést jelent a hozzá tartozó csatlakozó műtárgyakkal (hidak, állomások, stb.) együtt! A korlátozott ismeretek, az adott technológiai színvonal következtében a

káresetek sorozata következett be. Érzékeltesse ezt az észak-amerikai vasutakon bekövetkezett hídkatasztrófák száma¹ alapján rajzolt 2.ábra.



2. ábra. Hídkatasztrófák száma az észak-amerikai vasutakon

Az ábrán látható, hogy évente 28 ± 8 híd szakadt le az 1878-1895 periódusban. Hasonló diagramok rajzolhatók a kazánrobbanásokkal kapcsolatban is. Ennek jelentőségét érzékeltesse a következő adatsor:

- **Angliában** 1800-1870 között 936 kazánrobbanás 1615 emberéletet követelt,
- **Németországban** 1875-1905 között 500 kazánrobbanás kb. 300 ember életét oltotta ki.

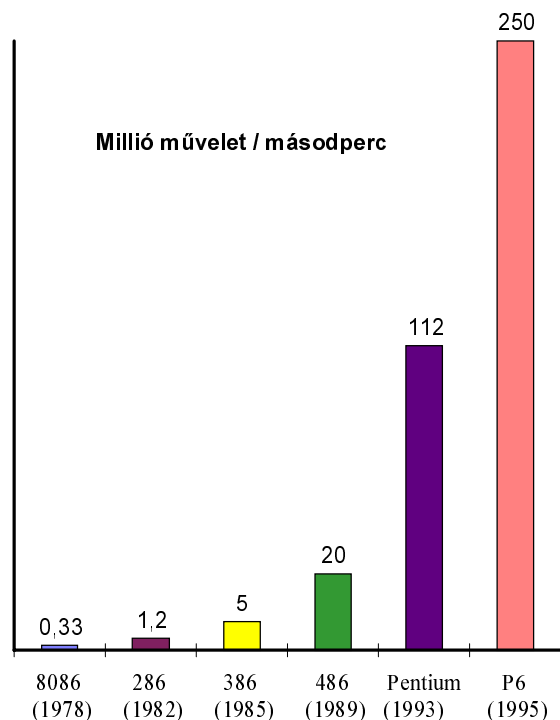
A hídléteszakiadások, kazánrobbanások okainak feltárása igen nagymértékben hozzájárult az anyagtudomány, anyagvizsgálat, a tervezési módszerek, a szilárdsági számítások - és ezzel a szilárdságtan - fejlődéséhez.

A XX. század műszaki fejlődésének hajtóereje a század 70-es éveit az autóipar, a repülő- és űrhajózás és az atomenergiái létesítmények, elsősorban az erőművek építése volt. Nyilvánvaló, hogy az e területeken bekövetkezett káresetek, katasztrófák okainak megismerése egyben hajtóereje volt a további fejlődésnek.

A kárelemzések jelentősége az elmúlt két évtizedben azonban fokozatosan növekedett. Ennek kettős oka van. Egyrészt a mikroelektronika fejlődése következtében a káresetek bekövetkezésének tényleges okai egyre nagyobb megbízhatósággal feltárhatók, hisz az elvégezhető vizsgálatok köre egyre nagyobb és nagyobb, másrészt a világ globalizálódása következtében ezen információk egyre több helyre eljuthatnak, következésképpen nagytömegű információ koncentrálódhat egyidejűleg több helyen. Az Internet adta lehetőségek következtében ezen információk pedig a mindennapi kárelemző munka egyik eszköze lehet. Ezen keresztül, pedig megvalósítható a „tanulni a káresetekből” (learning from failures). Hogy milyen ütemű napjainkban a mikroelektronika fejlődése, azt jellemezze az Intel processzorok műveleti sebességének változása az 1978-95 periódusban. Ezt szemlélteti a 3. ábra. Az ábrán látható tendencia nyilvánvalóan érvényesül a vizsgálati technika minden területén. Ezt jól érzékelteti pl. az, hogy míg az első analóg-számítógéppel összekapcsolt anyagvizsgáló rendszert 1964-ben építették és 1967-ben megjelent a szervohidraulikus berendezés, addig kb. 30 évvel később már „csupán” személyi számítógépekkel üzemeltetik a lényegesen nagyobb információtartalmú vizsgáló

¹ Hídkatasztrófák az Észak-amerikai vasutakon. Magyar Mérnök- és Építészegylet Közlönye. 1897. (XXXI. Kötet, VIII. füzet) p. 363-364

rendszereket. A roncsolásmentes vizsgálatok területén végbement fejlődés egyik példája lehet az, hogy 1994-ben a Krutkrämer cég forgalomba hozta a helyettesítő hibanagyság automatikus kijelzését szolgáltató készülékét, biztosítva ezzel a törésmechanikai módszerek közvetlen alkalmazási lehetőségét.



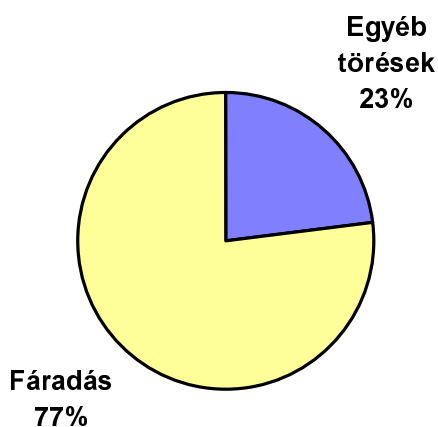
3. ábra. Az Intel processzorok az műveleti sebességének változása az 1978-95-es periódusban

A törések, káresetek tényleges okainak megismerését, feltárását természetesen nagyban segítik az alkalmazott tudományok fejlődése és mindennapi használata. Így a törésmechanikai ismeretek széleskörű alkalmazása nem kerülhető meg, hisz a törések minden esetben a repedés terjedésével következnek be. A terjedés feltételeit pedig mind **mechanikai**, mind pedig **anyagtudományi** szempontból elemezni kell. A mechanikai elemzés a repedésterjedés hajtóerejét, az anyagtudományi elemzés pedig annak ellenállását - a repedésterjedéssel szembeni ellenállást tükröző anyagjellemzőt szolgáltatja. Az alkalmazott mechanikai terület fejlődését érzékeltesse a szoftverrendszerek elterjedésének üteme, az anyagtudományit pedig az, hogy az első szabvány csupán 1970-ben jelent meg az anyagok repedésterjedéssel szembeni ellenállásnak meghatározására (ASTM E-399-70). Az anyagok fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállásának meghatározására vonatkozó szabvány pedig több mint 10 évvel később, 1983-ban jelent meg (ASTM E 647-83).

A jelentős fejlődés ellenére is az igen jelentős gazdasági következményekkel is járó károsodások, törések napjainkban is folytatódnak. Ez jól érzékeltethető a következő ábraszorozattal. A 4. ábrán a kvázistatikus és ismétlődő terhelés okozta törések részaránya látható összesen 242 káreset² bekövetkezésében. A törést előidéző okok

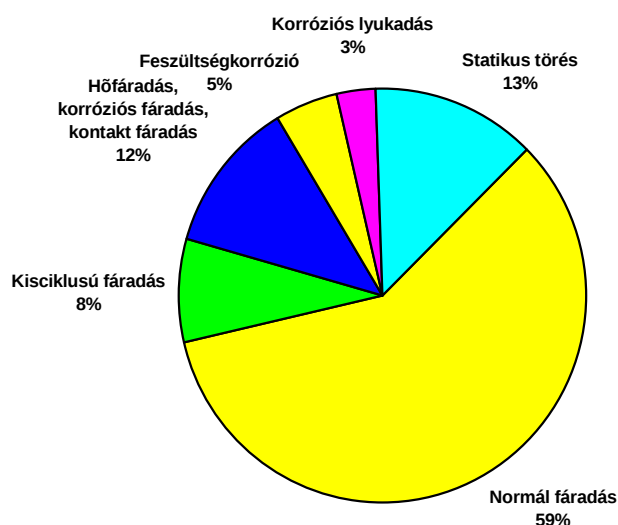
² SHIN-ICHI NISHIDA: Failure Analysis in Engineering Applications. Butter-worth. 1990. 215 p.

szerepét szemlélteti az 5. ábra. A különböző szerkezeti elemek meghibásodásának, törésének részarányát a 6. ábra foglalja össze.

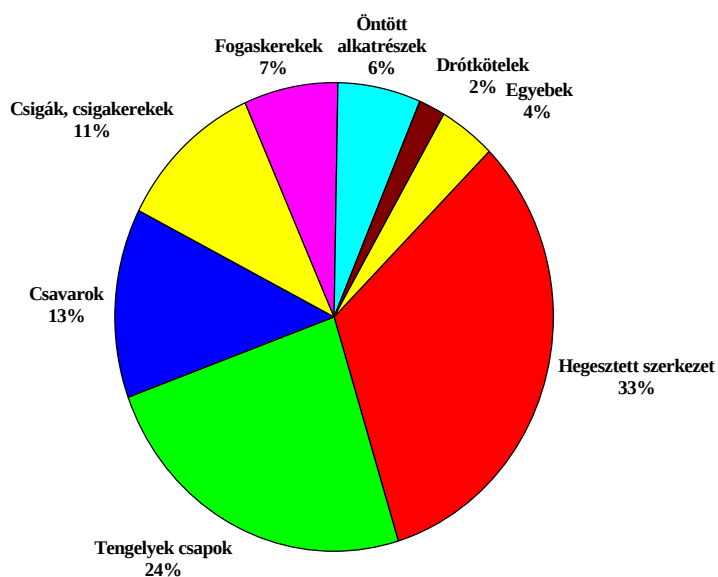


4. ábra. A kvázistatikus és ismétlődő terhelés okozta törések részaránya

5. ábra. A törést előidéző okok megoszlása a terhelés sajátosságai szerint



6. ábra. A különböző szerkezeti elemek törésének gyakorisága

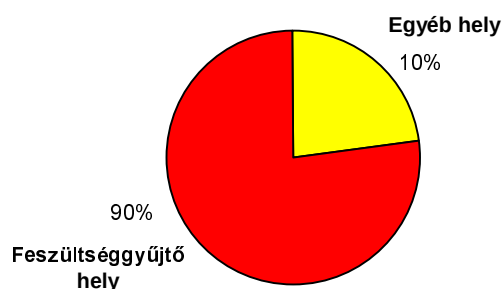


A 7. ábra a tervezés, a gyártás és az üzembeállítás jelentős szerepét hangsúlyozza a károsodások, törések alakulásában, rámutatva arra, hogy az üzemeltetés, a karbantartás és az átalakítás hatása csupán kb. 1/4 része az előzőeknek. A 8. ábrán egyértelműen kitűnik az, hogy feszültséggyűjtő helyek szerepe a törések szempontjából meghatározó.

Üzemeltetés, karbantartás, átalakítás



7. ábra. A törést kiváltó okok megoszlása



8. ábra. A törés kiindulási helyeinek megoszlása

A 4.-8. ábrákat áttekintve megállapítható, hogy a káresetek, törések bekövetkezésének legfőbb sajátosságai a következőkben foglalhatók össze:

- feszültséggyűjtő helyről indul (90%),
- folyáshatár alatti feszültségeken következik be,
- a közvetlen kiváltó ok alapvetően a kifáradás (77%), amelyen belül 59% a normál mechanikai fáradás,
- a legveszélyesebbek a hegesztett szerkezetek (33%), ill. a bordákat, hornyokat tartalmazó tengelyek (24%) és a csavarkötések (13%),
- tervezés, gyártás, ill. üzembeállítás során elkövetett hiányosságokra vezethető vissza (78%).

A fenti adatokat, részarányokat tekintve a következő két igen lényeges megállapítás tehető:

- a káresetek szinte kizárólagosan az anyagok folyáshatára alatt bekövetkező törések, lyukadások következményei, és ezen belül
- a kifáradás meghatározó súllyal jelentkezik.

Ez utóbbi viszont egyértelműen rámutat a kifáradás jelenségének bonyolult voltára. Érzékeltesse ezt a kifáradással foglalkozó publikációk száma. A kifáradással foglalkozó cikkek bibliográfiája szerint 1950-ig 4080 darab közleményt regisztráltak³ az 1838-ban megjelent első közleménytől⁴, ill. a „kifáradás” (fatigue) fogalmának

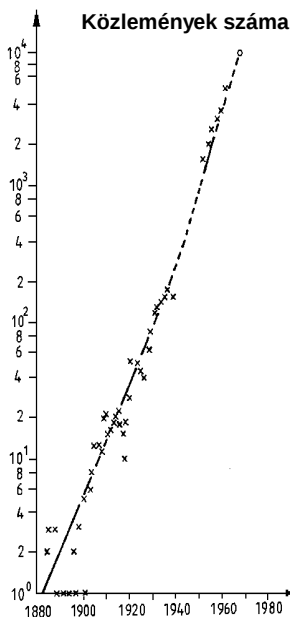
³ MANN J. Y. (1970) Bibliography on the Fatigue of Materials, Components and Structures 1838-1950. Pergamon Press, Oxford.

⁴ ALBERT W. A.: Über Treibseile am Harz. Archiv für Mineralogie, Geognostic, Bergbau und Hüttenkunde. Vol.10., 1838. p.215-234.

bevezetésétől⁵ kezdve. Ennél nyilvánvalóan több közlemény jelent meg, hisz a bibliográfia jószerivel csak az angol nyelvű közleményeket tartalmazza. Napjaink tendenciáját jól tükrözi az, hogy pl. a DIALOGE adatbázisban 41.849 cikk foglalkozik a kifáradással (adattartalma 2-3 millió rekord). A COMPENDEX adatbázisban az

- 1988-89 évben 3726 cikket,
- 1990-91 évben 3056 publikációt és
- 1992-93-as periódusban 3205 közleményt regisztráltak.

Ezen adatok szerint naponta átlagosan mintegy 10 közleményt publikáltak a szakemberek. A közlemények számának szaporodási tendenciáját érzékelteti 8. ábra.



8. ábra. A kifáradással foglalkozó publikáció számának növekedése

Az előzőekben ismertetett ábrákon kívül a törések gazdasági kihatásait is feltétlenül mérlegelni kell. Egy, az **European Structural Integrity Society** keretében koordinált, 1991-ben befejezett felmérés szerint⁶, amennyiben az Európai Unió tagországai kb. 2×10^8 ECU-t költenének évente a törések megelőzését célzó kutatásokra, akkor a be nem következett törések várható haszna $(8 \pm 2) \times 10^{10}$ ECU/év lenne. A korábbi (1978-ban készített) amerikai felmérések azt mutatták⁷, hogy az USA-ban is a nemzeti össztermék (GDP) kb. 4%-a törések következtében semmisül meg. Ebből kb. 2% megelőzhető lenne a szerkezeti integritásra, a törések, károsodások kiküszöbölésére irányuló kutatások erősítésével. Az említett tanulmányokat követően sorra alakultak a törési estek elemzésére specializált intézmények, egyesületek (**Failure Analysis Society**). E tendencia pedig nyomon követhető a témára specializálódott folyóirat megjelenésével (Failure Analysis, 1994 évtől), ill. szakkönyvek és CD publikált kiadványok, kézikönyvek és VIDEO tanfolyamok kiadásával. Ez utóbbiakkal a jegyzet következő fejezetei még részletesen foglalkoznak.

⁵ RANKIE W. J. M.: On the Causes of Fracture of the Axles of Railway Carriages. Min. Proc. Inst. Civ. Eng. Vol. 3. Session 1843. 1842-1843.

⁶ The Economic Effects of Fracture in Europe. Final Report. Commission of the European Communities. 1991. Project leader: L. FARIA

⁷ The Economic Effects of Fracture in United States. U.S. Department of Commerce. National Bureau of Standards. Special Publication 647-1, 647-2. 1978.

3. Nyomástartó edények károsodása

E fejezet hármas cél elérését kívájná elősegíteni. Egyrészt a **nyelvtanulást** azzal, hogy az ASM VIDEO sorozatában a nyomástartó edények károsodásához kapcsolódó filmet megtekintjük, másrészt a szöveget megértése, az elkészített magyar nyelvű ismertető átolvasása után egy rövid előadásvázlatot összeállítva a **rendszerező képességet** lehet fejleszteni, harmadrészt pedig egy nyomástartó edény törésének, károsodásának kapcsán részletesen kifejtve a lehetséges okokat olyan **szakmai ismeretekre** lehet szert tenni, amely szinte minden változtatás nélkül alkalmazható egy-egy ipari káreset okának, okainak feltárásánál.

3.1. ASM VIDEO a nyomástartó edények károsodásáról

Ebben az előadásban¹ olyan nyomástartó edényekről és nyomás alatt üzemelő csövekről lesz szó, amelyek erőművekben, finomítókban és vegyi üzemekben használatosak. Ezek a berendezések igen változatos körülmények között üzemelnek a hőmérséklet, a nyomás és a kémiai környezet tekintetében.

Az előadás meghallgatása után a hallgató:

- megérti a különböző típusú nyomástartó edények károsodásának sokféle okát,
- megismeri a nyomástartó edények károsodás-elemzésének eljárásait,
- megérti a tervezés, a kötési technológiák, a metallurgiai folytonossági hibák és a gyártási eljárások hatását a károsodási folyamatokra,
- megismeri az üzemeléssel kapcsolatos sokféle károsodást és az üzemelés közben bekövetkező tönkremenetel lehetőségeit,
- megismeri a nyomástartó edények károsodásainak jellemzőit, úgymint a környezet, a nyomás vagy az üzemelés közben okozott sérülések által befolyásolt a szívós, rideg vagy fáradásos törés.

Az előadás a következő témaköröket érinti:

A károsodások okai

Lehetséges okok: gyártási eljárások, szállítási és tárolási körülmények, környezeti atmoszféra hatása, üzemelési hőmérséklet hatása, üzemelési nyomás hatása, ciklikus üzemelés, tervezéssel összefüggő problémák. Kárelemzés eljárásai.

¹ Lenkeyné Biró Gyöngyvér: *Előadások a kárelemzés elveiről*, ASM videó sorozat A TEMPUS S_JEP_11271 sorozat kiadványa. 1999

Hegesztés hatása

Hegesztési hibák. Esettanulmányok.

Metallurgiai folytonossági hibák hatása

Kovácsolt és öntött alkatrészekben előforduló hibák. Esettanulmány.

Gyártási eljárások hatása

Hőkezelés. Túlhevítés. Nem egyenletes hűtés hatása. Vizsgálati rutin hatása.

Kompozit fémekből gyártott kazánok

Többféle fémötvözet alkalmazása. Gyártási technikák. Károsodási okok. Esettanulmányok.

Üzemeléssel összefüggő károsodások

Korrózió. Feszültség-korrózió. Hidrogén-elridegedés. Esettanulmányok.

Ridegtörés

Alacsony széntartalmú acélok bemetszés-érzékenysége. Elridegedés lehetséges okai. Esettanulmány.

Szívós törés

Szívós törés okai és jellemzői.

Kúszás és mechanikai feszültség okozta törés

Kúszásos törés jellemzői. Fáradás. Esettanulmányok.

További tanulmányozásra javasolt irodalmak:

1. „Failures of Pressure Vessels“, Metals Handbook, 9. kiadás, Vol. 11., „*Failure Analysis and Prevention*“, American Society for Metals, 1986.
2. ASME Pressure Vessel Code, 1986 vagy későbbi átdolgozott kiadás

3.2. Esettanulmány a nyomástartó edények károsodásáról

Jól bevált pedagógiai gyakorlat az, hogy az ASM VIDEO anyagának megtekintését követően egy-egy hallgató az adott témakörből egy rövidebb és egy hosszabb előadást tart. Ezekhez bármilyen segédeszköz (segédsoftverek pl. PowerPoint, VIDEO, írásvetítő, stb.) felhasználható.

A rövidebb előadás azt a vázat foglalja magába, amelyre egy kárelemzés kapcsán mindenképpen gondolni kell. Ez elkészíthető a témakörhöz tartozó VIDEO film megtekintése után a hozzá kapcsolódó rövid leírás áttanulmányozás alapján. A hosszabb előadás pedig már olyan műszaki részleteket is tartalmaz, amelyeket mérlegelve közelebb juthatunk - vagy teljesen megérthetjük - a törés, károsodás okait.

A nyomástartó edények károsodásának, törésének elemzése kapcsán követendő gondolatmenet rövid előadás keretében való összefoglalására tekintünk a következő példát, mint előadásvázlatot. Ez a vázlat mind írásvetítő fölián, mind pedig pl. PowerPoint verzióban elkészíthető.

NYOMÁSTARTÓ EDÉNYEK KÁROSODÁSA (Failures of Pressure Vessels)

1) *A nyomástartó edények és csővezetékek károsodási, törési statisztikái*

(az adott törés, károsodás jelentőségének mérlegeléséhez)

- károsodás részarány egyéb szerkezetek károsodásához viszonyítva
- a kár költség kihatásai,
- károsodási típusok szerinti megoszlás.

2) *Nyomástartó edények, csővezetékek jellegzetes terhelése*

(milyen jellegű terhelés, milyen típusú károsodáshoz, töréshez vezethet ?)

- belső nyomás,
- rezgés,
- hőmérsékleti hatás,
- korróziós hatás.

3) *Nyomástartó edények, csővezetékek jellegzetes anyagai*

(az adott üzemi célra megfelelő anyag lett kiválasztva vagy sem ?)

- fémes anyagok,
- acélok,
- könnyűfémek,
- nem fémes anyagok.

4) Méretezés módszerei, tervezett biztonság

(megfelelő volt-e az alkalmazott méretezési eljárás?)

- méretezési módszerek,
- biztonsági tényező nagysága, megválasztásának szempontjai

5) Jellegzetes szerelési technológiák, jellegzetes hibák

(a meghibásodás, törés közvetlen kapcsolatban van-e a szerelés, gyártás technológiai sajátosságaival ?)

- hegesztés,
- tekercselés.

6) Nyomástartó edények, csővezetékek felülvizsgálata

(az üzembeállítás, az üzemeltetés során betartották-e a vonatkozó előírásokat ?)

- a felülvizsgálatok célja, gyakorisága,
- a felülvizsgálatoknál alkalmazható vizsgálati módszerek, kiválasztásának szempontjai.

7) Jellegzetes károsodási típusok

gyártási hiba $\Leftrightarrow$ üzemeltetési hiba (eldöntésének fontossága)

- ridegtörés,
- kúszás,
- korrózió,
 - általános korrózió,
 - feszültségkorrózió,
- kifáradás,
- hidrogénes elridegedés.

8) Kárelemzésnél használható vizsgálati módszerek

(milyen vizsgálati módszert, miért, minek a kimutatására kell választani?)

- vizuális,
- mikroszkópos,
- elektronmikroszkópos,
- mechanikai vizsgálatok,
- keménységmérés,
- vegyelemzés.

9) IRODALOM

(mivel foglalkozó irodalmakat kell áttekinteni ahhoz, hogy a törés, káreset okát megismerhessük ?)

- károsodási statisztikák,
- jellegzetes károsodások,
- anyagmegválasztás,
- méretezés,
- kárelemzés,
- gyártás, szerelés,
- felülvizsgálat,
- roncsolásos és roncsolásmentes anyagvizsgálat.

A kárelemzés előző metodikájának összeállítását követően egy nyomástartó edény konkrét károsodási, törési okainak elemzése kapcsán mindenképpen részletesen foglalkozni kell mindazokkal, amelyek a következő kb. 50 perc időtartamú előadásban összefoglalhatók. Erre nézve szolgáljon példának a következő előadásvázlat.

NYOMÁSTARTÓ EDÉNYEK KÁROSODÁSA (Failures of Pressure Vessels)

1) A nyomástartó edények és csővezetékek károsodási, törési statisztikái

- károsodás részaránya egyéb szerkezetek károsodásához viszonyítva ➡ megegyezik a hegesztett szerkezetek arányával,
- a kár költség kihatásai ➡ a törések, káresetek a nemzeti jövedelem kb. 4%-át emésztik fel évente,
- károsodási típusok szerinti megoszlás

VEGYIPARI ÜZEMEK SZERKEZETI ELEMEINEK KÁROSODÁSA

• nyomástartó edények, reaktorok	18%
• hőcserélők	14%
• kemencék	14%
• tárolótartályok, szűrők	9%
• kolonnák, hűtőtornyok	9%
• egyéb berendezések	6%
• szállító eszközök	4%
• gépek	8%
• csővezetékek	12%
• acélszerkezetek (csőhíd, stb.)	3%
• mérő-, és elektromos eszközök	3%

A KÁRESETEK OKAI

• szerelési hiba	21%
• tervezési hiba	12%
• gyártási hiba	6%
• anyaghiba	4%
• üzemeltetés hiba	28%
• karbantartási hiba	4%
• védőrendszer hibája	4%
• külső okok	18%
• felderítetlen hibák	3%

TÚLHEVÍTŐK, HŐCSERÉLŐK, VEGYIPARI ÜZEMEK NYOMÁSTARTÓ EDÉNYEI, OLAJ- ÉS GÁZIPARI BERENDEZÉSEK KÁROSODÁSA (229 eset)

- 94 % repedésjellegű hiba
- 89 % hőhatásövezet

A KÁRESETEK OKAI

- 24 % fáradás
- 14 % korrózió
- 29 % technológiai hiba
- 33 % üzemeltetési hiba

ATOMERŐMŰVEK NAGYNYOMÁSÚ RENDSZEREINEK KÁROSODÁSÁNAK OKAI

- 41 % mechanikai, termikus fáradás
- 18 % gyártási hibák

A nyomástartó edények és csővezetékek károsodási, törési statisztikának áttekintése alapján levonható **következtetés:**

a hőhatásövezetek vizsgálata döntő fontosságú mind a gyártás, mind pedig az üzemeltetés során.

2) Nyomástartó edények, csővezetékek jellegzetes terhelése

- **belső nyomás** ➡ tartomány: vákuum - néhány ezer MPa,
- **rezgés,**
- **hőmérsékleti hatás** ➡ tartomány: kriogén - ezer °C,
- **korróziós hatás** ➡ közeg (maró, kén, hidrogén, H₂S, stb.).

3) Nyomástartó edények, csővezetékek jellegzetes anyagai

- fémes anyagok,
- acélok,
- könnyűfémek,
- nem fémes anyagok.

Fő szempont:

Adott CÉLRA MÉG MEGFELEL és a LEGOLCSÓBB

Anyagmegválasztás szempontjai:

1. Üzemi körülmények

- hőmérséklet,

- közeg

2. Technológiai szerep (üzemvitel) és

3. Gyárthatóság (hegesztés, stb.)

Nyomástartó edények javasolt anyagai az üzemi hőmérséklet függvényében

Üzemi hőmérséklet, °C	Javasolt anyag	Megjegyzés
-100 alatt	Al, acél 9% Ni	austenites acél
-100÷-50	acél 3,5% Ni	5%Ni⇒-120°C, 2,5%Ni⇒-60°C
-50÷0	finomszemcsés acél	ACÉKIVÁLASZTÁS ridegtörés elkerülésére
0÷20	szerkezeti acél	ACÉKIVÁLASZTÁS ridegtörés elkerülésére
20÷500	szerkezeti acél	
500÷550	1%Cr és 0,5 %Mo	stabil szövetszerkezet
550÷600	2.25% Cr és 1%Mo	stabil szövetszerkezet
600÷800	18 %Cr és 8%Ni	9%Cr és 1%Mo, ill. 13%Cr 700 °C-ig
800÷1050	25%Cr és 12%Ni	egyéb anyagok
1050÷1100	25%Cr és 20%Ni	egyéb anyagok

Nyomástartó edények, csővezetékek anyagainak megválasztása alapján levonható **következtetés:**

az adott célra még megfelelő, de a legolcsóbb anyagot kell választani.

4) Méretezés módszerei, tervezett biztonság

- méretezési módszerek,
- biztonsági tényező nagysága, megválasztásának szempontjai

Méretezésnél figyelembe vehető feszültségek

KVÁZISTATIKUS TERHELÉS

Szabvány	Megengedhető feszültség		
	Kúszás nincs		Kúszás
ASME	$R_{eH}/1.6$	$R_m/4$	$R_k/1.67$
BS	$R_{eH}/1.5$	$R_m/2.35$	$R_k/1.5$
ISO	$R_{eH}/1.5$		$R_k/1.5$

ISMÉTLŐDŐ TERHELÉS

estén a feszültséggyűjtési tényező (K_t) figyelembevételével

Helyi K_t	Szénacél		Ötvöztött acél	
	σ_a MPa	N, ciklus	σ_a MPa	N, ciklus
1.00	120	30.000	180	8.000
1.25	150	14.000	225	4.300
1.50	180	8.000	270	2.500
1.75	210	5.000	315	1.500
2.00	240	3.500	360	1.200

Méretezés módszerei, tervezett biztonság alapján levonható **következtetés:**
helyes volt-e méretezési módszer, jól választották-e meg a biztonsági tényezőt?

5) Jellegzetes szerelési technológiák, jellegzetes hibák

- hegesztés
- tekercselés

MIRE kell figyelni?

- lemez ellenőrzése,
- méretek, előkészítés, leélezés,

- hengerítés,
- hossz-és körvarratok (melyik a veszélyesebb ?) hegesztési eljárásai, paraméterei,
- készülékezés,
- hőkezelés.

TEKERCELT edények

Lényege: vékony lemezből előállítható nagynyomású edény

Előnye: ridegtörés kizárva, metallurgiai előnyök

Hátránya: szalagok tompakötése, csomók kialakítása, korlátozott üzemi hőmérséklet (450 °C).

A szerelési gyártástechnológiai sajátosságok alapján levonható **következtetés:**
az észlelt károsodás, törés mennyiben hordozza magán a gyártástechnológiai jegyeket.

6) Nyomástartó edények, csővezetékek felülvizsgálata

- a felülvizsgálatok célja, gyakorisága,
- a felülvizsgálatoknál alkalmazható vizsgálati módszerek, azok kiválasztásának szempontjai.

6.1. FELÜLVIZSGÁLAT típusai

- Gyártás engedélyezése,
- Gyártóműi,
- Használatbavételi,
- Üzemközi periodikus.

A HASZNÁLATBAVÉTELI és ÜZEMKÖZI vizsgálat terjedelme, módszere függ az edény VESZÉLYESSÉGI osztályától

Veszélyességi MUTATÓ:

$$Y=V.p.k.(c+f+t)$$

- V - térfogat [m³],
- p - nyomás [Mpa],
- k - korróziós hatás (k=1, 5, 10, 15 és 20).
- c - töltet fizikai állapota (c=1, 2 és 3).
- f - tűzveszélyesség (f=0, 1, 2 és 3),
- t - mérgező hatás (t=0, 1, 2 és 3).

VESZÉLYESSÉGI OSZTÁLYOK:

- kisveszélyességű $4 < Y \leq 100$
- közepveszélyességű $100 < Y \leq 10.000$
- nagyveszélyességű $Y > 10.000$

HASZNÁLATBAVÉTELI, A FELÁLLÍTOTT EDÉNY VIZSGÁLATA

- gyártási dokumentációk ellenőrzése $\Rightarrow$ GÉPKÖNYV,
- hidraulikus nyomáspróba,
- különleges vizsgálatok (tömörség).

6.2. FELÜLVIZSGÁLATOKNÁL ALKALMAZHATÓ VIZSGÁLATI MÓDSZEREK, KIVÁLASZTÁSÁNAK SZEMPONTJAI

Roncsolásmentes vizsgálati módszerek

- Optikai,
- Kapilláris hatáson alapuló,
- Akusztikus,
- Mágneses,
- Örvényáramos,
- Radiológia.

Vizsgálati módszer megválasztásának szempontjai

- hibák kimutathatósága (pl. radiológiai, ultrahangos. mágneses, örvényáramos, stb.),
- eredmények reprodukálhatósága,
- szubjektivitás – objektivitás,
- vizsgálati költség/információ aránya,
- az adott körülmények között elvégezhető legyen.

A felülvizsgálati periódusok és az alkalmazott módszerek alapján levonható következtetés:

az észlelt károsodás, törés mennyiben hozható kapcsolatba a felülvizsgálat hiányosságaival?

7) Jellegzetes károsodási típusok

gyártási hiba $\Leftrightarrow$ üzemeltetési hiba (eldöntésének fontossága)

KÁROSODÁSI, TÖRÉSI TÍPUSOK ÉS ANNAK ELŐIDÉZŐI

- ridegtörés
 - * helytelen anyagmegválasztás, üzemeltetési hiba, gyártástechnológiai hiba,

- **kúszás**
☛ helytelen anyagmegválasztás, üzemeltetési hiba, gyártástechnológiai hiba,
- **korrózió**
☛ helytelen anyagmegválasztás
- **általános korrózió**
☛ helytelen anyagmegválasztás
- **feszültségkorrózió**
☛ helytelen anyagmegválasztás, helytelen szerelés,
- **kifáradás**
☛ helytelen anyagmegválasztás hibás méretezés, üzemeltetési hiba, helytelen gyártás,
- **hidrogénes elridegedés**
☛ helytelen anyagmegválasztás.

8) Kárelemzésnél használható vizsgálati módszerek

- **vizuális** ➡ nagyon fontos,
- **mikroszkópos** ➡ szövetszerkezet, repedések vizsgálata,
- **elektronmikroszkópos** ➡ kiválások, oldódások, üregképződés, töret jellegének vizsgálata,
- **mechanikai vizsgálatok** ➡ globális anyagtulajdonságok vizsgálata, utólagos ellenőrzés,
- **keményiségmérés** ➡ globális anyag-tulajdonságok BECSLÉSE, utólagos ellenőrzés,
- **vegyelemzés** ➡ utólagos ellenőrzés.

9. IRODALOM

- [1] MSZ 13833/1-5. Nyomástartó edények gyártása és vizsgálata.
1 - Általános követelmények
2 - Szerkezeti kialakítás
3 - Hegesztett kötések technológiai vizsgálata
4 - Hegesztett kötések vizsgálata és minősítése
5 - Hőkezelés
- [2] MSZ 13822/1... Nyomástartó edények szilárdsági számítása
1- Általános előírások
2- Vékonyfalú hengeres köpenyek

- 6 - Sík fenekek, fedelek és merevtett falak
 - 7 - Gömbsüveg alakú fenekek és fedelek
 - .
 - 9 - Kolonnák szél és szeizmikus terhelése
 - 10 - Kolonnák.
- [3] MI 13802/1- Nyomástartó edények tervezése
Általános előírások
Anyagmegválasztás
Hegesztett kötések élkiképzése és szerkezeti kialakítása
- [4] BS 1500. Pressure Vessels
- [5] Nichols R.W.: Pressure Vessel Engineering Technology, ELSEVIER, Amsterdam, 1971. 464 p. (orosz ford.Masinosztroenie, Moszkva 1975)
- [6] Kazarov G.P., Leonov V.P., Timofeev B.T.: Svarnie sosudi visokogo davlenia. Masinosztroenie. Moszkva. 1982. 287 p.
- [7] The Economic Effects of Fracture in Europe. Final Report. L. FARRIA, Comission of the European Communities. 1991.
- [8] Shin-Ichi-Nishida: Failure Analysis in Engineering Applications. Butterworth. 1990. 215 p.
- [9] Boving K. G. NDE Handbook. Butterworths.1989. 418.p.
- [10] Hale, A., Wilpert B., Freitag M.: After the Event. From Accident to Organisational Learning. Pergamon.1997. 250 p.
- [11] Halmshaw R.: Introduction to the Non-destructive Testing of Welded Joints. Abington Publishing. 1996. 126 p.
- [12] Carrtz L.: Nondestructive Testing. Radiography, Ultrasonics, Liquid Penetrant, Magnetic Particle, eddy Current. ASM International. 1995. 229 p.
- [13] ASM Handbook. Engineering Aspects of Failure and Failure Analysis. 1992.
- [14] ASM Handbook Vol. 12. Fractography.
- [15] ASM Handbook. Vol. 19. Fatigue and Fracture. 1996. 1057 p.
- [16] ASM Handbook. Vol. 20. Material Selection and Design. 1997. 901 p.
- [17] Failures and Law. Structural Failure, Product Liability and Technical Insurance. Ed. H.P.Rossmaith. E and Spon. 1996. 561 p.
- [18] Case Histories in failure Analysis. ASM International. 1996. Vol. 1. and Vol. 2.
- [19] Understanding How Components Fail. ASM International.
- [20] Rossmanith P., Tóth L.: Műszaki hibák és a törvényszéki műszaki tudományok

4. KÁROSODÁSI ESETTANULMÁNYOK ADATBANKJA

4.1. Bevezetés

A károsodási esettanulmányok megtörtént káresetek okának megállapítása során készülő dokumentumok, amelyek az eset leírását, a hiba okának feltárása során elvégzett műveletek dokumentációját és a megállapított károsodási okot tartalmazzák részletes indoklással és esetleges megoldási javaslattal. Ezek a dokumentumok eleinte csak nyilvántartási célokat szolgáltak az őket előállító anyagvizsgáló laboratóriumoknál, de az utóbbi időben más irányú használatuk is kezd előtérbe kerülni. Ennek oka, hogy nagy mennyiségű esettanulmány birtokában a kárelemzés folyamata jelentős mértékben leegyszerűsödhet, a meglévő esetek között a vizsgálthoz hasonlót találva. A hasonló esetek ismeretében az egyes lépések és következtetések gyorsabban és nagyobb biztonsággal állapíthatók meg megkönnyítve ezzel az elemzést végző személy munkáját. A modern kárelemzés egyik igen fontos eszköze ez az úgynevezett „hasonló esetek keresése” módszer. Mindezek mellett az esettanulmányok az oktatási célokat is kitűnően szolgálják, mivel az egyes károsodási okok jellemzői és felismerésük módja igen jól elsajátítható belőle. Az ilyen irányú felhasználást korábban megakadályozta az, hogy a nagy mennyiségű esettanulmányt felhalmozó szervezeteknél - oktatási intézményeknél, anyagvizsgáló laboratóriumoknál - ezen dokumentumok nyomtatott formában voltak megtalálhatók, ami bennük végezhető keresést és így a felhasználhatóságot nagymértékben csökkentette.

Ez teljes mértékben kiküszöbölhető számítógép felhasználásával. Ilyen rendszerrel az esettanulmányok eredeti formájuk megtartásával rögzíthetők és eltárolásuk után bennük egyszerűen és gyorsan kereshetünk tetszőleges feltétel szerint.

4.2. Általános ismertetés

A program kezeléséhez és lehetőségeinek kihasználásához elengedhetetlenül szükséges a működésének és az adatokat tároló adatbázis felépítésének minimális szintű ismerete, melyek ebben a fejezetben kerülnek ismertetésre.

4.2.1 Az adatbázis felépítése

A program célja az esettanulmányok eredeti formájukban, számítógépen történő tárolása és a közöttük történő gyors keresés megoldása. Ennek elérése érdekében az esettanulmány tárolása részekre osztható történik. Első szinten az alábbi nagy csoportokat különböztethetjük meg:

- a keresést segítő,
- az adminisztrációs, illetve
- a dokumentum tartalmát leíró mezők.

4.2.1.1 A keresést segítő mezők

A keresést segítő mezők célja az elsődleges keresési szempontok gyors és egyszerű kezelése. Ezek az elsődleges keresési szempontok az esettanulmányoknál a következők lehetnek:

- a károsodott szerkezeti elem,
- a szerkezet anyaga,
- a károsodás oka.

Az esetleges ismétlések elkerülése, illetve a strukturált felépítés érdekében ezeket az adatokat előre rögzíteni kell az alkalmazási területnek megfelelően. Az így rögzített adatokat a program táblázatban tárolja a későbbi módosítás lehetőségével. Az esettanulmányok rögzítésekor ezekből a listákból lehet választani. Egy általános felhasználási területhez készített listát mutat az 1. ábra, melynek fordítása az 1. mellékletben található.

A keresést segítik még a megadható kulcsszavak. Minden esettanulmányhoz tetszőleges számban megadhatóak a tartalmukat leíró kulcsszavak is. A program ezeket szintén táblázatban gyűjti, csökkentve az ismétlésekből, ragokból és a szavak különböző alakjaiból adódó, a keresésnél felmerülő problémákat.

Szerkezeti elemek	Anyagok	Károsodási okok
⇒ Transportation - aircraft-aerospace - ship - railway ⇒ Process equipment - heat exchangers - pressure vessels - pipes and pipelines - tanks - auxiliary ⇒ Rotating equipment - shaft - blades, disks and rotors - impeller ⇒ Miscellaneous - valve - biomedical structure - springs - tools - fastener - electrical equipment ⇒ Model - laboratory model - calculated model	⇒ Steel - structural steel - engineering steel - heat, creep resistant and stainless steel - tool steel - cast steel ⇒ Cast iron - white cast iron - graphite cast iron - cast iron alloy - annealed cast-iron ⇒ Aluminium - aluminium - ductile aluminium alloy - tempering aluminium alloy - cast aluminium	⇒ Fatigue - low cycle fatigue - high cycle fatigue ⇒ Creep - Creep ⇒ Corrosion - Stress corrosion - Chemical corrosion - Caustic corrosion - Chelant corrosion - Hydrogen damage - Corrosion-Fatigue Cracking ⇒ Birth defect - Surface cracks - Inclusions - Incorrect material - Incorrect process ⇒ Overload - Thermal overload - Mechanical overload - Dinamical overload - Incorect operation

1. ábra

Elsődleges keresési szempontok

4.2.1.2 Adminisztrációs mezők

Ezek a mezők az esettanulmány rögzítésével kapcsolatos információkat tartalmazzák, melyek a következők lehetnek:

- a rögzítés dátuma,
- a rögzítést végző,

- a leírás nyelve,
- a dokumentum forrása.

4.2.1.3 A dokumentum tartalmát leíró mezők

Egy esettanulmány több különböző típusú információt tartalmazhat. Ezek közül a program lehetőséget ad szöveges blokkok, táblázatok és képek tárolására, melyek segítségével az esettanulmányok jól leírhatók¹. Ezeknek a mezőknek két csoportja van: az előre rögzített és az utólag létrehozható, melyekből tetszőleges számú fűzhető egy dokumentumhoz. Előre rögzítettek az alábbi szöveges mezők:

- az esettanulmány címe,
- az eset leírása,
- a végső következtetés.

A tetszőleges számban létrehozható mezők általában összetettek, vegyesen tartalmazhatnak szöveges és képi információt is. Ezeket az adattípusokat és az őket felépítő mezőket szemlélteti az 1. táblázat.

1. táblázat

Adattípus	Elvégzett vizsgálatok	Táblázatok	Szöveges blokkok	Képek
Felépítő mezők	vizsgálat típusa ²	táblázat címe	blokk címe	képfelirat
	leírás és eredmény	táblázat elemei	szöveg	kép
	megjegyzés			

4.2.2 Dokumentumok

Mint az kiderült az adatszerkezet ismertetéséből, az esettanulmányok rögzítése adattípusokra bontva, kis darabokban történik. Ez hatékony segítség a keresési kritériumok megadásánál, viszont többletmunkát jelent a feltöltés során, mivel a darabokban megadott esettanulmányt utólag kell egységes dokumentummá alakítani. Ezt a műveletet nevezzük a dokumentum kialakításának.

4.2.2.1 Dokumentumok kialakítása

A dokumentum kialakítása során a feltöltött mezők megjelenési sorrendjét illetve a megjelenés stílusát kell megadnunk. A sorrendet és a stílust a program táblázatban tárolja és a dokumentum megjelenítése során ezt a táblázatot visszaolvasva hozza létre az esettanulmány nyomtatható képét.

¹ Probléma csak azokkal a dokumentumokkal lehet, melyek egyszerű szöveggént nem leírható egyenleteket tartalmaznak, de ezek tárolása is megoldható, ha képként rögzítjük őket.

² Az elvégzett vizsgálatok mező tartalmának feltöltésére szolgáló értékek - a keresést segítő mezőknél leírt módon - kiegészítő adattáblában vannak eltárolva.

4.2.2.2 Dokumentum mentése

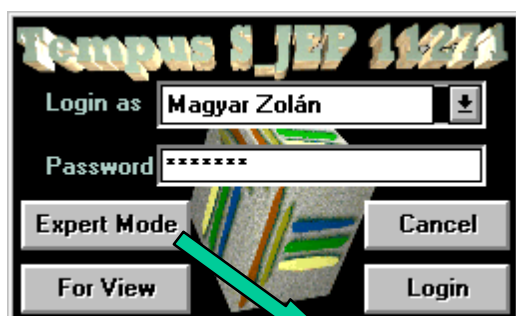
Nagy méretű dokumentumok esetén a leírt megjelenítési módszer kényelmetlenül lassú lehet, ezért a program a kész dokumentum oldalainak képét tömörített formában tárolja. Ez az adatbázis méretének kismértékű növekedésével jár, ennek ellenére a végleges dokumentum kialakítása után célszerű ezt a tárolási formát is alkalmazni, mivel ennek előhívása lényegesen gyorsabb illetve a keresést végző FacsView program csak ezt a formátumot kezeli³.

4.3. A szerkesztést végző program

4.3.1 Bejelentkezés

A program indításakor az 2. ábrán látható bejelentkező képernyő jelenik meg. Ebben az ablakban adható meg a programot futtató felhasználó neve, illetve választható a felhasználási mód.

A program indítása a rögzített adatok védelme érdekében jelszóhoz kötött. Az ablak felső sorában lévő legördülő listából választható ki a programot indító felhasználó neve. Alatta a jelszó adható meg, melynek helyessége esetén a **'Login'** gomb segítségével indítható a program. Ha a program jogosult felhasználójaként indítjuk a programot, akkor lehetőségünk van az összes ezzel a névvel létrehozott dokumentumot módosíthatjuk és a mások által létrehozottakat megtekinthetjük.



2. ábra
A program bejelentkező képernyője

Helytelen jelszó esetén a program nem indítható. Ha módosításra nincs felhasználói jogosultságunk⁴, a **'Cancel'** gomb segítségével megszakíthatjuk a bejelentkezést és kiléphetünk a programból, illetve a **'For view'** gomb segítségével elindíthatjuk a programot csak megtekintő üzemmódban. Ekkor a program semmiféle módosítást nem engedélyez, csak a rögzített dokumentumokat tekinthetjük meg.

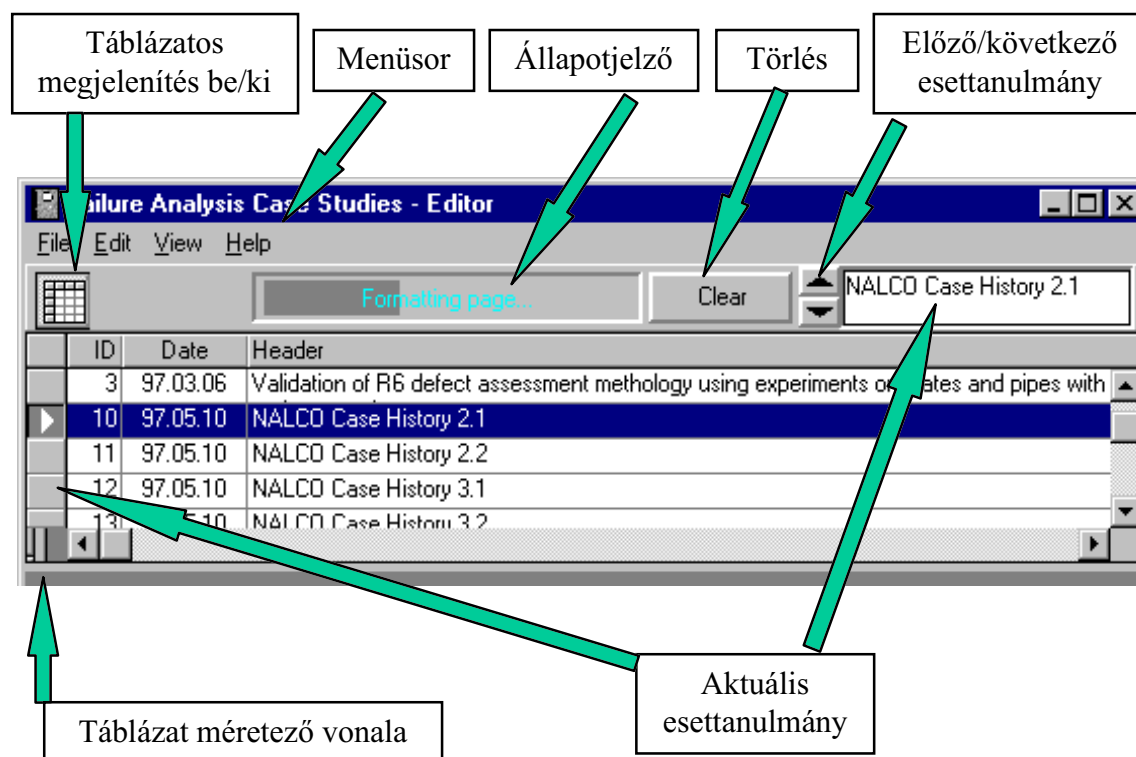
³ Az ebben a formátumban el nem mentett esettanulmányok megtekintése csak a szerkesztést végző FacsEdit programmal lehetséges.

⁴ Új felhasználó létrehozására csak az Expert felhasználó jogosult.

Az '**Expert mode**' gomb segítségével kiemelt felhasználóként indíthatjuk el a programot. Ehhez szükséges az ehhez tartozó jelszó ismerete, amit a gomb megnyomása után megjelenő ablakban kell megadnunk. Amennyiben ezen a módon indítjuk el a programot, hozzáférünk az összes elvégezhető művelethez, illetve módosíthatjuk az összes rögzített esettanulmányt.

4.3.2 A program fő ablaka

A program fő ablakának képe látható a 2. ábrán a fontosabb kezelőszervek megjelölésével.



3. ábra
A program fő ablaka

4.3.2.1 Menüsor

A program funkció érhetőek el az egyes menüpontok segítségével. Ezek leírására a következő fejezetben kerül sor.

4.3.2.2 Táblázatos megjelenítés be/ki

Az adatbázis által tartalmazott esettanulmányok megjeleníthetők táblázatos formában (3. ábra). Ez a gomb ezt a táblázatot jeleníti meg illetve tünteti el. A táblázat

segítségével az aktuális esettanulmány is kiválasztható, a kívánt sorra történő kattintással.

4.3.2.3 Táblázat méretező vonala

A táblázat alatt látható szürke vonalra pozicionálva az egérrel a mutató átváltozik. Ekkor az egér bal gombját folyamatosan nyomva tartva a táblázat átméretezhető.

4.3.2.4 Aktuális esettanulmány

Az aktuális esettanulmány a táblázatban egy kis fekete háromszöggel van jelölve, illetve a címe jobb felső sarokban lévő mezőben is olvasható.

4.3.2.5 Előző/következő esettanulmány gomb

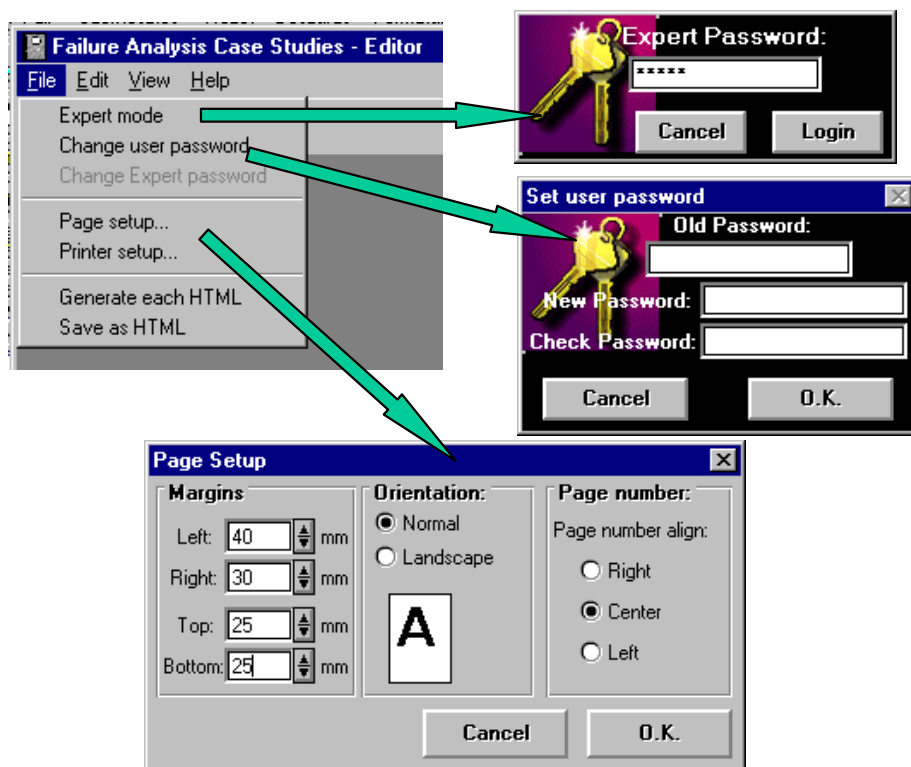
Ezeknek a gomboknak a segítségével lapozhatunk az előző illetve a következő esettanulmányra.

4.3.2.6 Törlés gomb

A program indításakor a táblázatban az összes esettanulmány látható, keresések után viszont csak az eredményként megkapott esettanulmányok. Ekkor a '**Clear**' gomb megnyomásával törölhető a keresési eredményeket tartalmazó lista és jeleníthető meg ismét a teljes adatbázis.

4.3.2.7 Állapotjelző

Hosszabb ideig tartó műveletek (dokumentum létrehozása, HTML állomány generálása) esetén az itt megjelenő ablakban látható a végrehajtás alatt álló művelet és a már teljesített hányad.



4. ábra
A File menüből elérhető funkciók

4.3.3 A File menü

Az itt elérhető menüpontok (4. ábra) segítségével általános beállításokat hajthatunk végre.

4.3.3.1 Expert mode

Amennyiben a program indításakor normál felhasználóként jelentkezünk be és a használat során olyan műveletet szeretnénk végezni, amelyhez szükséges az Expert felhasználói mód (pl. más által rögzített adatok módosítása), akkor ennek a menüpontnak a segítségével válthatunk át erre az üzemmódra. Az Expert felhasználói mód elindításához szükséges jelszót a megjelenő (4. ábra) ablakban kell megadni. A jelszó megadása után az **'O.K.'** gombbal indíthatjuk az Expert módot, illetve a **'Cancel'** gombbal felhasználói mód váltása nélkül léphetünk ki az ablakból.

4.3.3.2 Change user password

A programot futtató felhasználóhoz tartozó jelszó változtatható meg a menüpont segítségével. Ez csak normál felhasználóként bejelentkezve érhető el. A megjelenő ablakban (4. ábra) elsőként a régi jelszót kell megadni, majd kétszer az újat (a másodikra ellenőrzés céljából van szükség). Ezután a jelszóváltoztatást az **'O.K.'** gomb segítségével fogadhatjuk el, illetve a **'Cancel'** gombbal vethetjük el.

4.3.3.3 Change Expert password

Ennek a menüpontnak a segítségével az Expert felhasználó jelszava változtatható meg. Ez a menüpont csak a programot Expert felhasználói módban futtatva érhető el. A jelszó megváltoztatása azonos a felhasználói jelszó módosításával (3.3.2 fejezet).

4.3.3.4 Page setup

A nyomtatásnál használt lap tulajdonságait állíthatjuk be a menüpont segítségével. A megjelenő ablak (4. ábra) első keretében a lap margóit állíthatjuk. A margók méretének értékét milliméterben közvetlenül megadhatjuk az itt szereplő mezőkben, illetve a mezők mellett lévő nyomógombok segítségével a megadott érték egyesével is változtatható.

A középső keretben a lap helyzete állítható be. Javasolt az álló helyzet alkalmazása, mivel az itt beállított értékek az összes dokumentumra vonatkozik.

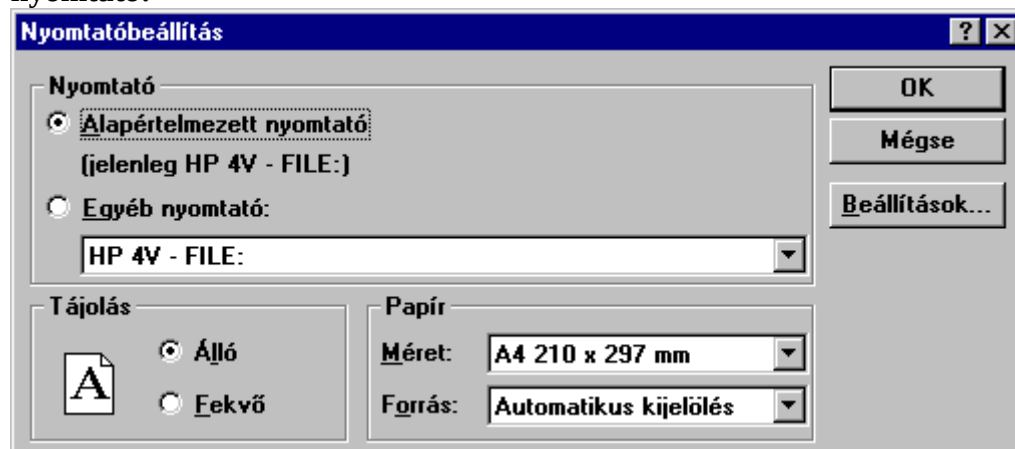
A harmadik keretben a többoldalas dokumentumok esetén alkalmazott lapszámozás helyzetét állíthatjuk.

4.3.3.5 Printer Setup

A szabványos Windows nyomtató-beállító ablakot (5. ábra) jeleníti meg a menüpont. Ez az ablak a Windows verziójának függvényében a közölt ábrától eltérő lehet. Itt hajthatjuk végre a rendszerhez telepített nyomtatók konfigurálását illetve állíthatjuk be a nyomtatás minőségét⁵.

⁵ A nyomtatóbeállításnál ügyeljünk arra, hogy az egy adatbázisban szereplő dokumentumok nézete azonos nyomtatási felbontás mellett legyenek elmentve. Ellenkező esetben megjelenítési problémák léphetnek fel.

Fontos: a program működéséhez feltétlenül szükséges legalább egy telepített nyomtató!



5. ábra

A nyomtatóbeállító ablak

4.3.3.6 Generate each HTML

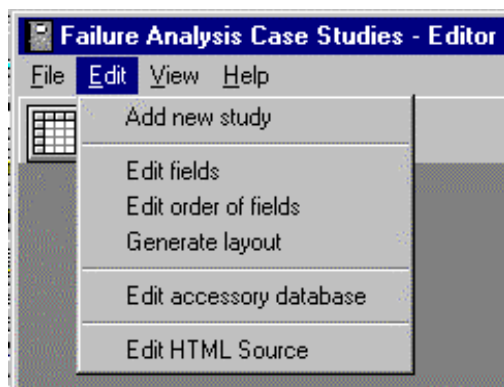
A menüpont meghívása esetén az adatbázisban lévő minden egyes esettanulmányhoz létrehozza a program az Interneten történő publikáláshoz szükséges HTML scriptet. Ezeket a program VHTML könyvtárában helyezi el.

4.3.3.7 Save as HTML

A menüpont hatására a program generálja az esettanulmány HTML leírását, a 3.3.6 pontban leírtakhoz hasonlóan, azzal a különbséggel, hogy a végeredményt a megadott néven tárolja és nem jeleníti meg szerkesztésre.

4.3.4 Edit menü

Ebből a menüből (6. ábra) érhetőek el az új esettanulmány rögzítéséhez és a meglévők módosításához szükséges, illetve a kiegészítő adatokat tartalmazó ablakok. A meghívott műveletek minden esetben az aktuális dokumentumra vonatkoznak.



6. ábra

Az Edit menüből elérhető műveletek

4.3.4.1 Add new study

A menüpont hatására a program létrehoz egy új üres esettanulmányt és megjeleníti az ablakot, amelyben a feltöltés megkezdhető.

4.3.4.2 Edit fields

A megjelenő ablakban (7. ábra) végezhetjük a szerkesztését az esettanulmányok mezőinek, illetve itt hozhatunk létre új esettanulmányt és törölhetjük az aktuálisat. Ez a menüpont csak abban az esetben érhető el, ha az aktuális esettanulmányt létrehozó és a jelenlegi felhasználó megegyezik, azaz a dokumentum módosítására csak az azt létrehozó személy jogosult. A nem általunk létrehozott dokumentumot csak az Expert jelszó ismeretében szerkeszthetjük.

Az ablak megjelenésekor minden esetben az aktuális dokumentum tartalmát mutatja, mely tetszőlegesen szerkeszthető. Új esettanulmány az **'Add new'** feliratú gomb megnyomásával adható az adatbázishoz. A létrehozás után szerkesztése az ablakban azonnal megkezdhető.

A **'Delete'** gomb segítségével az aktuális esettanulmány távolítható el az adatbázisból az összes kisegítő adatával és kereszthivatkozásával együtt.

A **'Close'** gomb az ablak bezárását és az adatok mentését végzi.

Az ablak több lapból áll, melyek között a felső sorban lévő fülék segítségével lehet lapozni. Ezeknek a lapoknak a segítségével az esettanulmányokhoz tartozó mezők

Keywords Base Fields Tests Notes Tables Pictures

Cause of failure: Birth defect/Surface cracks Add new

Failed application part: Process equipment/pipes and pipeline Model/calculated model Add new

Material group: Steel/heat, creep resistant and stainle Add new

Other keywords: defect assessment stable crack growth component tests surface cracks R6 Add new keyword Add

Language of case study: English

Document source: L. Hodulak , D. Memhard , C. Couterot Validation of R6 defect assessment methology using experiments on plates and pipes with surface cracks

Add new Delete Close

7. ábra
A keresési kulcsszavak megadása

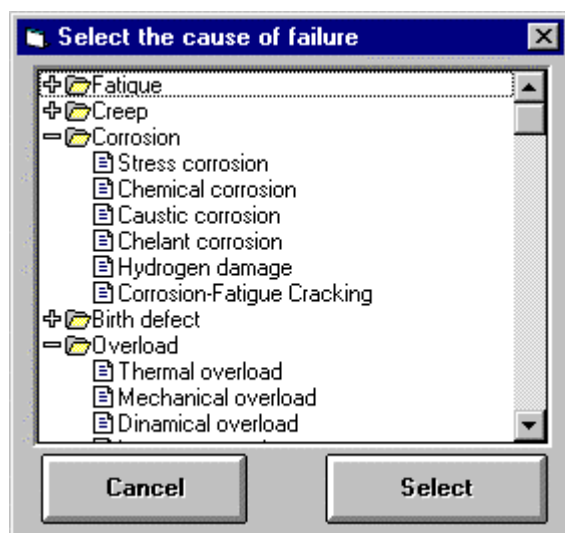
csoportra bontva tekinthetők meg. Ezek a csoportok sorra a kulcsszavak, az alap mezők, az elvégzett vizsgálatok, a jegyzetek, a táblázatok és a képek.

Kulcsszavak - ezen a lapon (7. ábra) a keresés szempontjából fontos mezők találhatóak. Itt adhatjuk meg a károsodás okát, a károsodott szerkezet típusát és a szerkezet anyagát. Ezekből egy esettanulmányhoz több is tartozhat, melyek a lap tetején lévő listákban láthatóak. A listához új elemet a megfelelő **'Add new'** gomb megnyomása után megjelenő ablakból (8. ábra) választhatunk. A listában lévő elem törlése az elem kijelölése utáni dupla kattintással történhet.

A lap bal alsó részén látható listában a keresés szempontjából lényeges kulcsszavak láthatók. Új kulcsszó adható a listához az **'Add new keyword'** keretben lévő szövegmezőbe történő beírás után az **'Add'** gomb lenyomásával. Az ismétlések elkerülése érdekében a létrehozni kívánt szót célszerű megpróbálni megkeresni a már felhasználtak között, ami megtehető a **'?** gomb megnyomására megjelenő ablakban (9. ábra). Az ablak tetején lévő mezőbe a keresett szót begépelve a program automatikusan pozicionál a megfelelő elemre. A megfelelő kulcsszó megtalálása esetén az a **'Select'** gombbal csatolható az esettanulmányhoz, illetve a keresés sikertelensége esetén az ablak a **'Cancel'** gombbal bezárható.

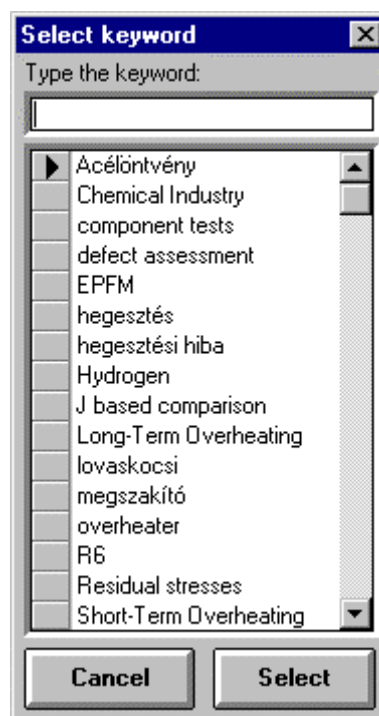
A jobb alsó sarokban lévő mezőben az esettanulmány forrása adható meg, a felette lévő legördülő listából pedig a nyelvezete választható ki.

Alap mezők - ezen a lapon (10. ábra) az eset leírását szolgáló mezők találhatóak. Itt adhatjuk meg az esettanulmány címét, az eset leírását és a konklúziót. Erre a lapra került még két adminisztrációs jellegű mező, a rögzítést végző, mely a lap tetején lévő legördülő listából választható ki és a rögzítés dátuma, amely a mellette lévő mezőbe gépellhető be.



8. ábra

A károsodás okának kiválasztását segítő ablak



9. ábra

A kulcsszavak bővíthető listája

Elvégzett vizsgálatok - ezen a lapon a kárelemzés folyamán elvégzett vizsgálatok találhatók (11. ábra). A lap jobb szélén látható a vizsgálatok listája. Új vizsgálat az **'Add new test'** gomb segítségével adható a listához. Az új vizsgálat létrehozása után a lap jobb oldalán lévő keretben adhatjuk meg a vizsgálat adatait. A **'Test type'** sorban legördülő listából a vizsgálat típusát választhatjuk ki. A középen lévő mezőben a vizsgálat leírását és eredményei, az alsóban pedig az esetleges megjegyzéseket (pl. vizsgálati körülmények, műszerek) adhatjuk meg.

Vizsgálat törlése a **'Remove test'** gombbal történhet, amely a listában kijelölt elemet távolítja el.

Edit database fields - Case Study #3

Keywords | **Base Fields** | Tests | Notes | Tables | Pictures

Name of editor: Magyar Zoltán | Date: 97.03.06

Header: Validation of R6 defect assessment methodology using experiments on plates and pipes with surface cracks

Description: To verify methods of elastic-plastic fracture mechanics for the assessment of components with defects, experiments were done on steel plates and pipes with surface cracks [1]. All components were loaded to a level at which a definite amount of crack growth was achieved. An assessment of fracture behavior of two of these components using elastic-plastic fracture mechanics and constraint modified J-R curves was reported elsewhere [2]. This paper describes particularly the assessment of eight components using the R6 failure assessment method.

Conclusion: The comparison of the experimental results for cracked plates and pipes in the ductile fracture regime with the results of calculations based on the R6 method shows:

Nominal stresses for given stable growth of surface cracks obtained using R6 assessment lines, Option 1 or Option 2 are close to experimental data. Option 2 of the R6 supplied closer agreement with experiment than Option 1.

When the plastic collapse cut-off according to [3] has been used, all results were conservative. In

Add new | Delete | Close

10.ábra

A káreset leírását tartalmazó mezők

Jegyzetek - ezen a lapon a máshova nem besorolható szöveges részeket adhatjuk meg. A logikailag elkülönülő és a megjelenésnél eltérő stílusú szövegeket a rögzítés megkezdése előtt célszerű külön választani és ezeket külön szöveges blokkban tárolni. Egy esettanulmányhoz több szöveges mező is tartozhat, melyek a felső sorban lévő legördülő listából (12. ábra) név szerint választhatók ki szerkesztésre. A jegyzet megnevezése (max. 75 karakter) a legördülő listában, a jegyzet szövege a **'Text'** feliratú mezőben szerkeszthető⁶.

⁶ A szöveget tartalmazó mezők (pl. eset leírása, vizsgálat leírása, szöveges blokkok...stb.) a Windows vágólapján keresztül is feltölthetők. A vágólapra lévő szöveg a CTRL+V billentyűkombinációval másolható a mezőbe. Ez nagy segítség lehet a feltöltés során, ha az esettanulmány már megvan elektronikus formában.

11. ábra

A kárelemzés során elvégzett vizsgálatok és leírásuk

Új szöveges blokk létrehozása az **'Add new'** gomb segítségével történhet. Az így létrehozott elem a legördülő listából kiválasztva azonnal szerkeszthető.

Az esettanulmányhoz tartozó szöveges blokkok közül a kijelölt az **'Delete'** gombbal törölhető.

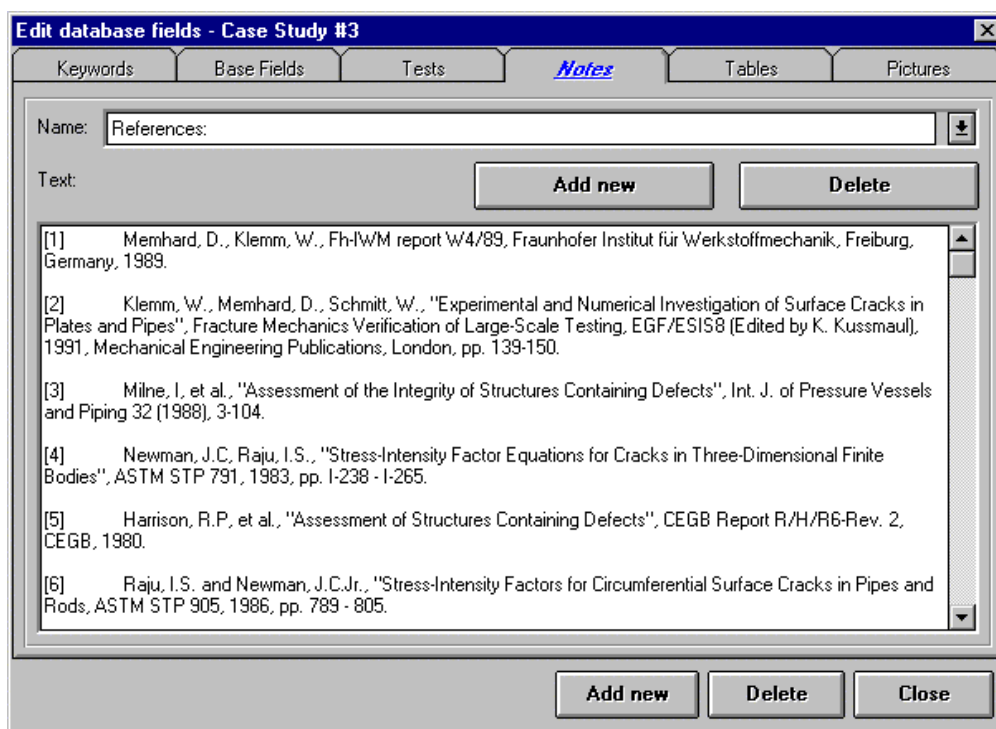
Táblázatok - az esettanulmányok opcionálisan tartalmazhatnak táblázatokat is (pl. vegyelemzés eredményeinek összefoglalása). Ezek a táblázatok adhatók meg ezen a lapon (13. ábra). Egy esettanulmányhoz tetszőleges számú táblázat tartozhat. A táblázatok maximálisan 15 oszlopot és korlátlan számú sort tartalmazhatnak.

Az esettanulmányhoz tartozó táblázatok közül a felső sorban lévő legördülő listából választhatjuk ki a szerkeszteni kívántat és a jegyzetekhez hasonlóan a tábla megnevezését is itt módosíthatjuk.

Új tábla létrehozása az **'Add new table'**, az aktuális tábla eltávolítása pedig a **'Delete table'** gombbal történhet.

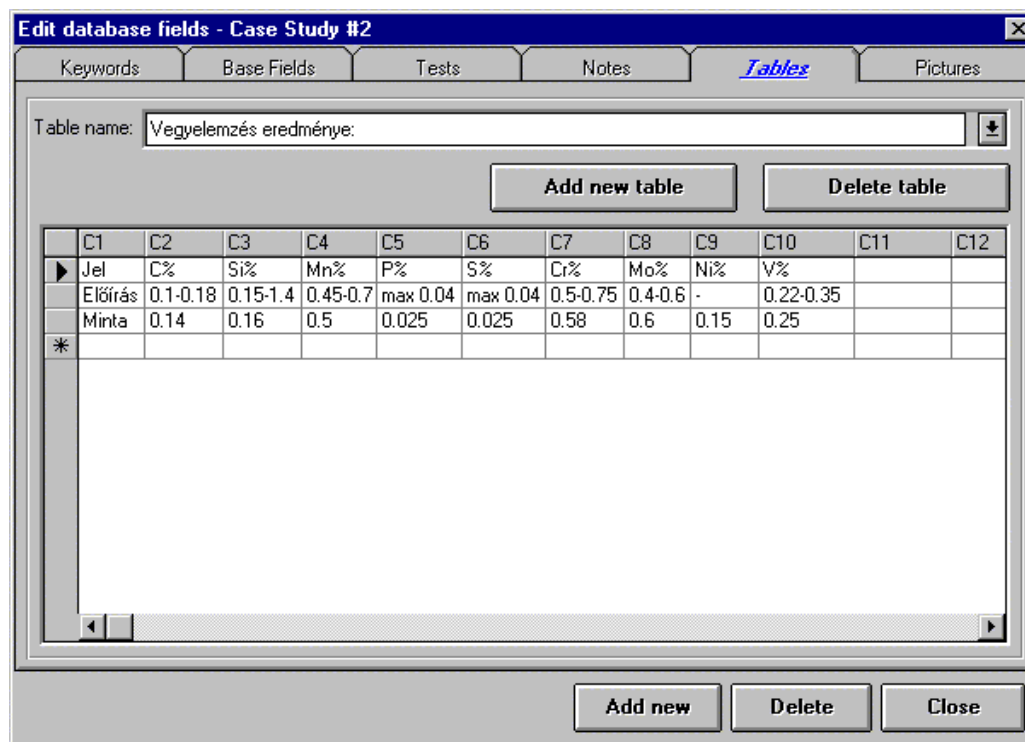
A tábla elemeinek megadása a lap alján található táblázatban történik. Az egyes cellák tetszés szerint feltölthetők. Új sor létrehozása a legalsó, **'*'**-al jelölt sor

feltöltésével történhet. A táblázat bal szélén lévő szürke cellák segítségével kijelölt sor a **'Del'** billentyű segítségével törölhető.



12. ábra

Szöveges kiegészítő mezők létrehozása a 'Notes' oldalon



13. ábra

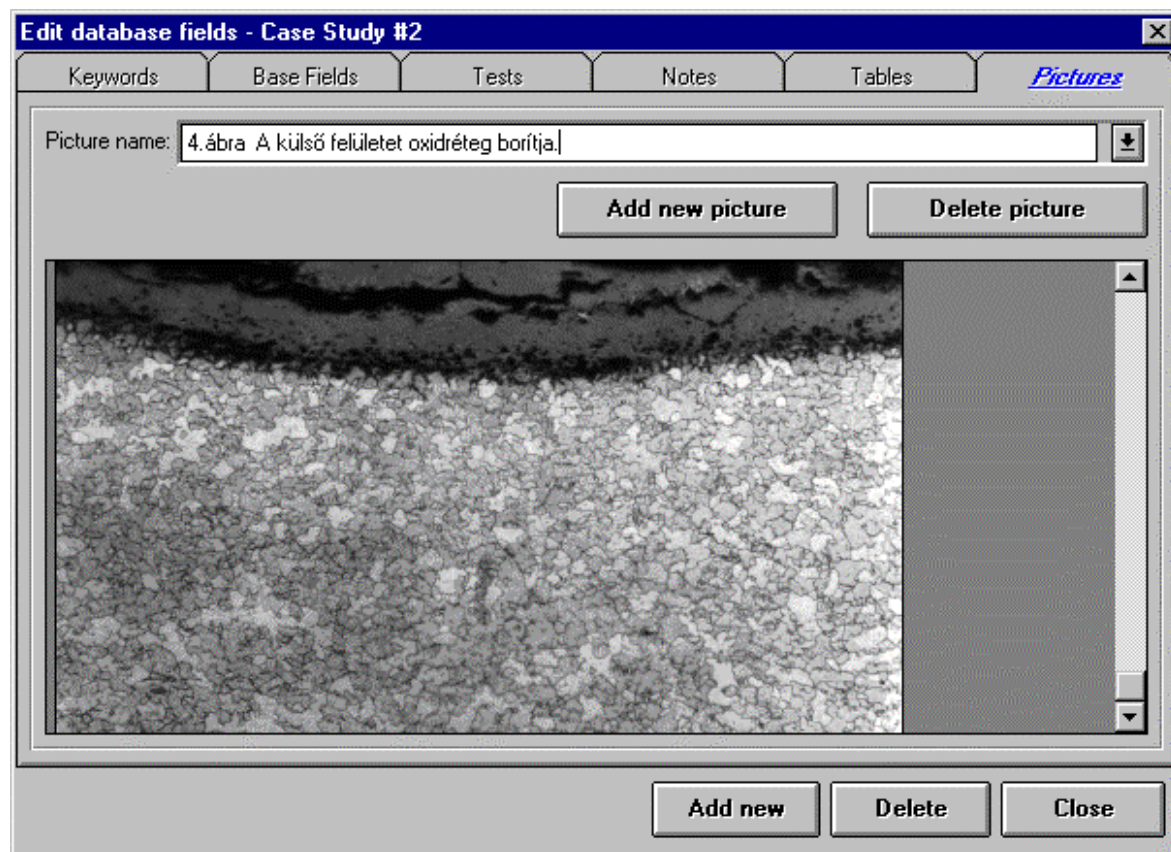
Táblázatok létrehozása a 'Tables' lapon

Képek - az esettanulmány opcionálisan tartalmazhat képeket is, melyek megadása történik ezen a lapon (14. ábra). A képek számára nincs korlátozás.

Az esettanulmányhoz tartozó képek közül a felső sorban lévő legördülő listából választhatjuk ki az aktuálisat. A kép nevének szerkesztése is ebben a sorban történhet.

Új kép az **'Add new picture'** gomb segítségével adható az esettanulmányhoz. A gomb megnyomása után megjelenő ablakban a csatolni kívánt kép⁷ nevét kell megadnunk. **Csak a program 'PICTURES' könyvtárában elhelyezett képek csatolhatók az esettanulmányhoz!!!**

Az aktuális kép csatolása megszüntethető a **'Delete picture'** gomb segítségével (a kép fizikailag nem törlődik).



14. ábra
Képek csatolása a 'Pictures' lapon

4.3.4.3 Edit order of fields

Az esettanulmány adatmezőinek feltöltése után ebben az ablakban (15. ábra) adhatjuk meg a megjelenés sorrendjét és módját, azaz itt alakíthatjuk ki a nézetet (lásd 4.2.2).

⁷ A program a szabványos Windows Bitmap formátumot kezeli. Csatoláskor az adatbázisban csak a kép neve tárolódik, így a megjelenítéshez mindig szükséges a kép megléte is.

A menüpont aktiválásakor az aktuális esettanulmány nézetének felépítését kezelő ablak jelenik meg.

Az ablak bal oldalán látható az esettanulmány fa struktúrában elemeire bontva. A kis sárga mappával jelölt elemek további elemeket tartalmaznak, melyek megtekinthetők a mappára történő dupla kattintással.

Ebben a listában szerepel három kiegészítő elem is, melyek segítségével vízszintes vonalat, új sort illetve új oldalt hozhatunk létre.

Az ablak jobb oldalán lévő listában a nézetben szereplő mezők láthatók sorrendben. A két lista között lévő nyilak segítségével adhatunk '→' és szúrhatunk be 'Insert' elemet a nézetbe, illetve távolíthatunk el '←' onnan. A másolás és az eltávolítás a megfelelő elem kijelölése után dupla kattintással is történhet.

A nézetben szereplő elemek sorrendje kijelölés után a fel és lefelé mutató nyilakkal változtatható.

Az ablak alsó részében elhelyezkedő '**Item properties**' keretben a nézet listában kiválasztott elem megjelenésének tulajdonságait állíthatjuk be. Az első keretben lévő tulajdonságok kiválasztásával a kijelölt szöveg betűstílusát, a második keretben a behúzás stílusát, a harmadikban pedig az elem igazítását állíthatjuk be. Az alul elhelyezkedő legördülő listában a betűméret szabályozható.

A tulajdonságok mellett lévő mező a tesztterület, amiben a 'Test' felirat a megadott stílusnak megfelelően jelenik meg.

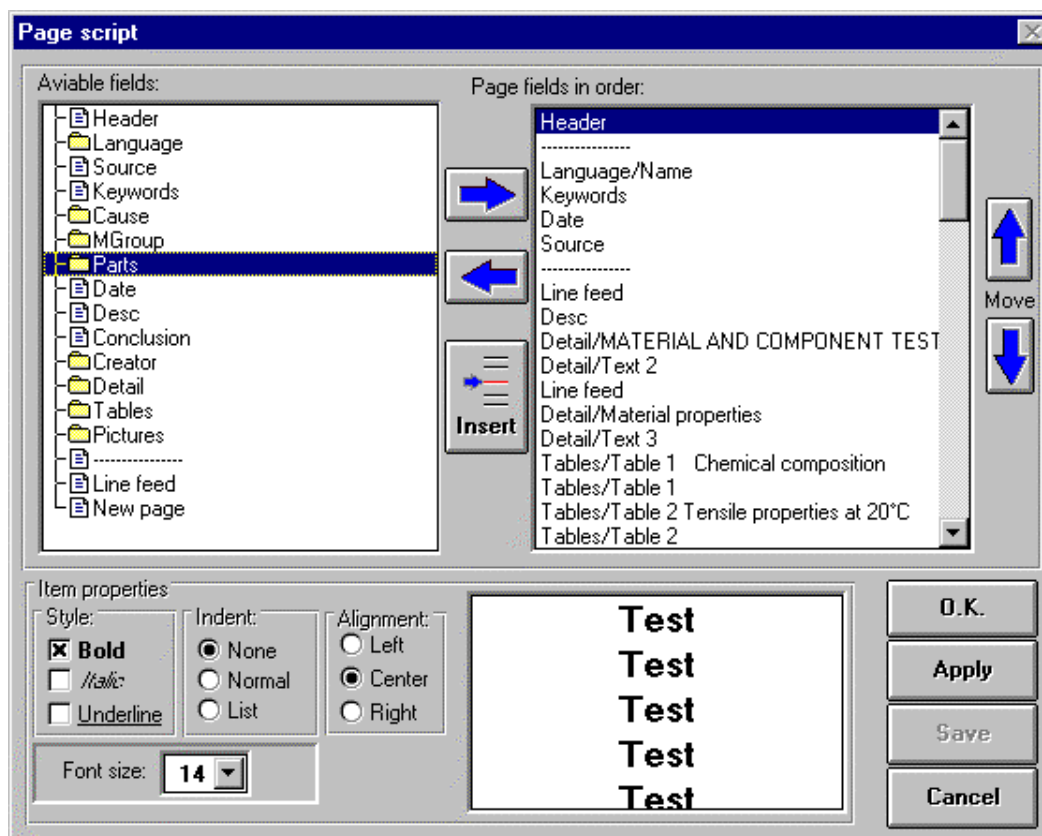
Az '**O.K.**' gomb bezárja az ablakot és eltárolja a kialakított sorrendet. A '**Cancel**' gomb az adatok tárolása nélkül zárja be az ablakot.

Amennyiben az esettanulmány nézete nyitott, az '**Apply**' gomb segítségével a kialakított nézet azonnal megtekinthető és a '**Save**' gombbal a nézet képe az adatbázisba elmenthető.

4.3.4.4 Generate layout

Ennek a menüpontnak a hatására a program létrehozza és megjeleníti az aktuális esettanulmány nézetét. Ez lassabb számítógép és nagy méretű dokumentum esetén hosszabb ideig is eltarthat.

Az ablakban az esettanulmány lapokra bontott képét láthatjuk (16. ábra), amely azonos a nyomtatáskor a papíron megjelenő képpel. Több oldalas dokumentum esetén az oldalak közötti váltás a bal felső sarokban látható navigáló gombsorral történhet. Ezek segítségével sorrendben a következő műveletek érhetők el: ugrás a legelső, az előző, a következő és az utolsó oldalra. Amennyiben a lap képe nem fér el az ablakban, a lemaradt részt a jobb szélén és az alsó sorban látható görgetősávok segítségével tekinthetjük meg. A lap képe a '**Zoom**' feliratú legördülő lista segítségével nagyítható és kicsinyíthető is.

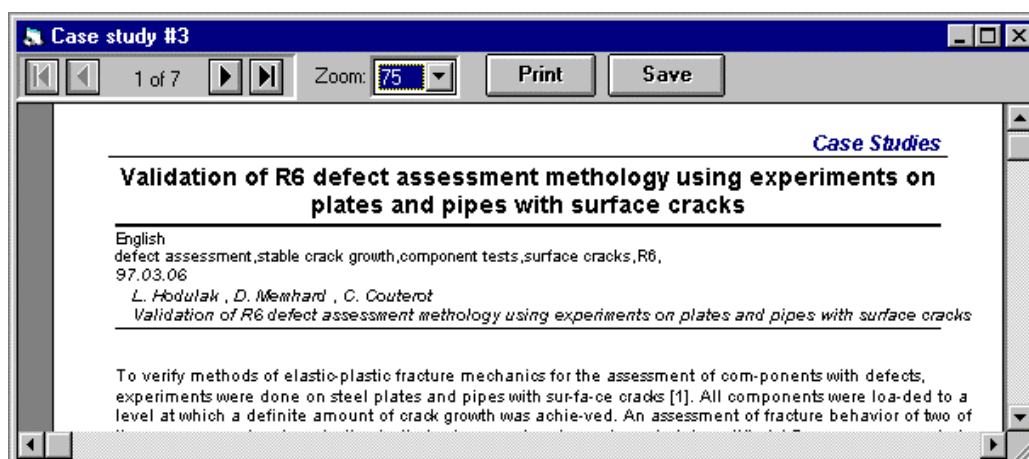


15. ábra

A dokumentum megjelenésének szerkesztése

A 'Print' gomb hatására megjelenik a nyomtatást vezérlő ablak, aminek segítségével a dokumentum kinyomtatható. A használt nyomtató és a nyomtatás minősége a 4.3.2.1 pontban leírt módon állítható be, de kiegészítő beállítások itt is végrehajthatók.

A 'Save' gomb az esettanulmány lapjainak képét menti el az adatbázisba a gyorsabb elérés érdekében.



16. ábra

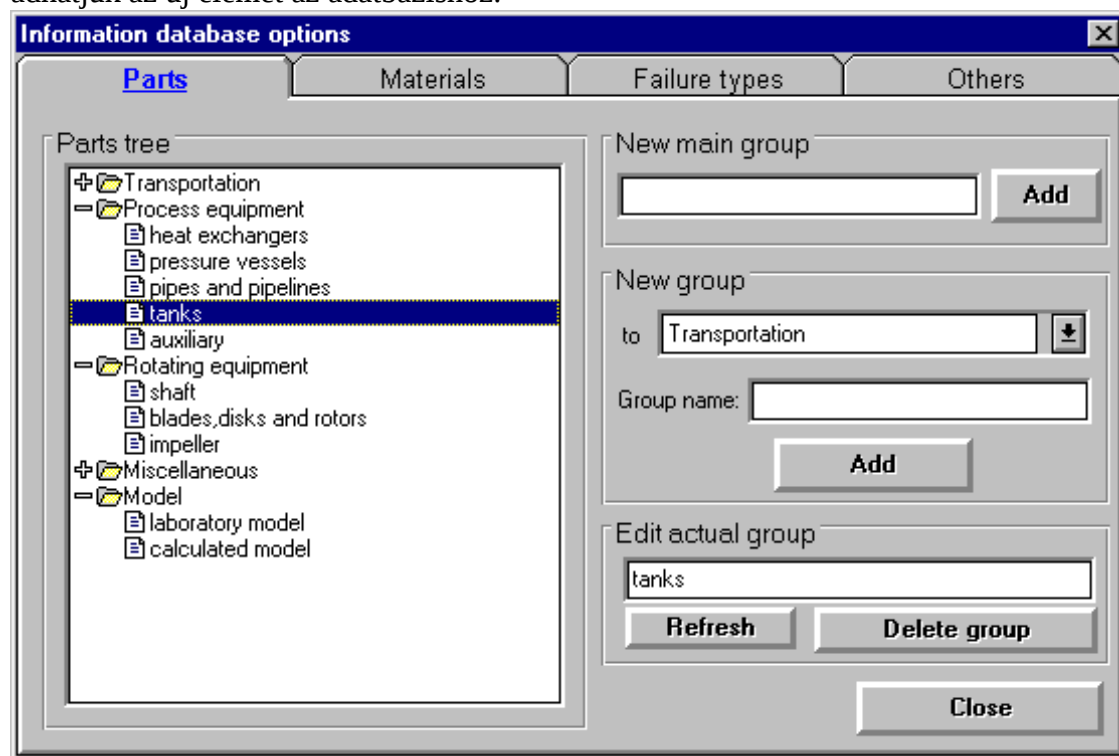
Az esettanulmány nyomtatási képe

4.3.4.5 Edit accessory database

Az itt megjelenő ablakban (17. ábra) szerkeszthetjük a kiegészítő információkat tartalmazó adatbázist. Mivel az itt tárolt adatok a program belső felépítése és működése szempontjából fontosak, ezért ezek módosítása, azaz az ablak megjelenítése az Expert jelszó ismeretéhez kötött. A jelszómegadás után megjelenő notesz első három lapján a keresést segítő mezők (kár oka, szerkezeti elem, anyag) feltöltéséhez használható adatokat szerkeszthetjük. Az egyszerűbb alkalmazás és az áttekinthetőbb megjelenés érdekében ezeket az adatokat két szinten (al- és főcsoport) adhatjuk meg.

Új főcsoport megadásához a '**New main group**' keretben lévő mezőbe adhatjuk meg a csoport nevét és az '**Add**' gombbal vehetjük fel a listába.

Alcsoport megadásához a '**New group**' keretben a legördülő listából választhatjuk ki a létrehozandó elem főcsoportját (ha még nincs, akkor a leírt módon hozzuk létre), majd a '**Group name**' mezőben az elem nevét megadva és az '**Add**' gombot megnyomva adhatjuk az új elemet az adatbázishoz.



17. ábra

A választható szerkezeti elemtípusok megadása

A bal oldalon láthatjuk a kiegészítő adatbázis állapotát fa struktúráként ábrázolva. Ennek egyes elemeit kiválasztva az '**Edit actual group**' keretben módosíthatjuk az aktuális (kijelölt) elemet. A módosítás érvényesítését a '**Refresh**' gombbal végezhetjük el. Itt van lehetőségünk az egyes csoportok törlésére is. A kijelölt al- vagy főcsoportot a '**Delete group**' gombbal távolíthatjuk el. Törlésnél ügyeljünk arra,

hogy csak olyan csoportot távolítsunk el, amelyre egyetlen dokumentum sem hivatkozik⁸.

A negyedik noteszlapon (18. ábra) egyéb kiegészítő információkat adhatunk meg. Ezek mind olyan adatok, melyek az esettanulmány feltöltésekor egy listából választhatóak ki. Itt adható meg a program számára a szerkesztésre jogosult felhasználók adatai, az esettanulmány nyelve és az elvégzett vizsgálatok mezők feltöltéséhez szükséges adatok. Mindhárom táblázat a módosítandó szövegre történő pozicionálás után szerkeszthető illetve a táblázatok legelső sorára állva bővíthető.

Information database options

Parts Materials Failure types **Others**

Editors

	Name	E-Mail	WWW
▶	Magyar Zoltán	magyar@irix.met.uni-miskolc.hu	http://irix.met.uni-miskolc.hu/~magyar
*			

Languages:

▶	Hungarian
	English
*	

Applied tests:

▶	Tensile test
	Ring stretcher test
	Chemical analysis
	Fracture analysis
	Analysis by SEM
	Metallographical analysis
*	

Close

18. ábra

Kiegészítő információk megadása

4.3.4.6 Edit HTML source

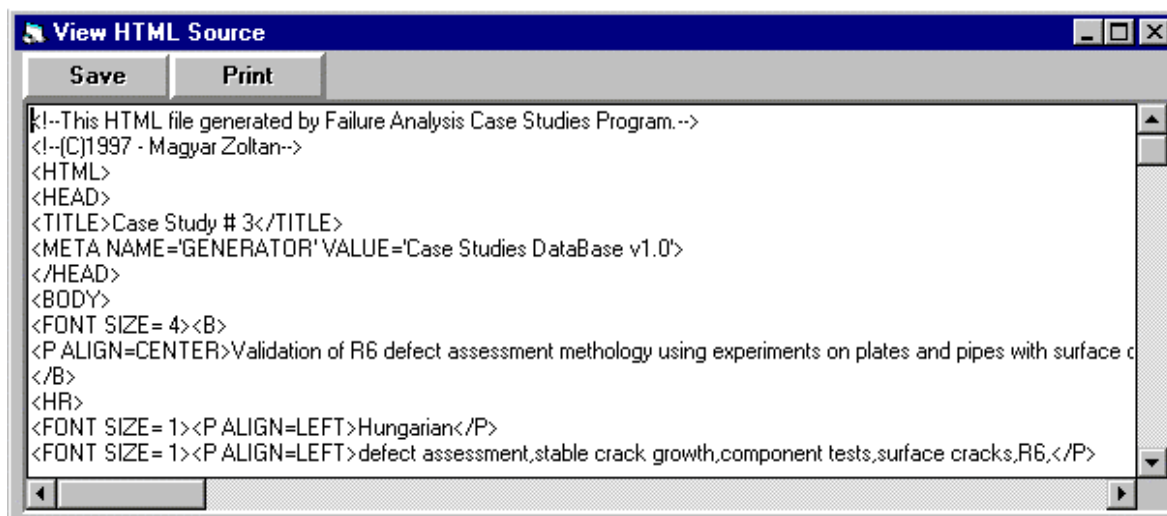
Ennek a menüpontnak a hatására a program létrehozza az aktuális esettanulmány Interneten történő publikáláshoz szükséges HTML nyelvű leírását és szerkesztésre megjeleníti azt (19. ábra).

Az itt megjelenő ablakban a leíró nyelv ismeretében az állomány szerkeszthető. A 'Save' gomb segítségével az állomány a módosításokkal együtt lemezre menthető és a megfelelő módon azonnal alkalmas a hálózaton történő megjelenítésre⁹.

⁸ Az esetleges hivatkozásokat egyszerűen ellenőrizhetjük a törölni kívánt címszóra történő kereséssel.

⁹ Ha az esettanulmány képet is tartalmaz, akkor a hibátlan megjelenéshez szükséges a megfelelő képeket GIF formátumra konvertálni és a létrehozott HTML állománnyal azonos könyvtárban elhelyezni.

A **'Print'** gomb az állomány nyomtatását végzi az aktuális nyomtatóra.

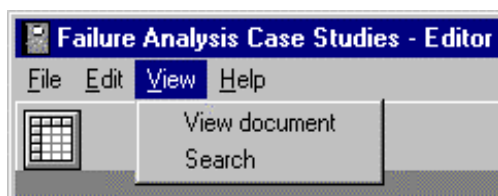


19. ábra

Az „Internet” változat szerkesztő ablaka

4.3.5 View menü

Ebből a menüből érhetőek el a kész dokumentummal kapcsolatos funkciói a programnak (19. ábra).



19. ábra

A 'View' menüpont szolgáltatásai

4.3.5.1 View document

A menüpont hatására a program megjeleníti az esettanulmányt, ha a dokumentum képe el volt mentve (lásd 4.2.2.2). Ellenkező esetben csak egy üres oldalt kapunk eredményül. Ennél a funkciónál is a 16. ábrán látható ablak jelenik meg, melynek kezelése megegyezik a 4.3.4.4 pontban leírtakkal.

4.3.5.2 Search

Ez a menüpont a keresést végző ablakot (20. ábra) jeleníti meg. Az ablak bal oldalán láthatóak az esettanulmánynak azon mezői, melyek tartalmára a program képes keresést végezni. A keresési kritériumban alkalmazni kívántat itt kell bejelölnünk (mely mezőben keresünk). Ezek után a jobb felső részen lévő mezőben meg kell adnunk, hogy mit keresünk. Ez a keresési mező típusától függően lehet szöveges megadás, illetve kiválasztás listából vagy legördülő listából.

Az így létrehozott rész keresési kritériumokból tetszőleges számút hozhatunk létre, melyeket az **'Add to criteria with'** keretben lévő gombok segítségével különböző

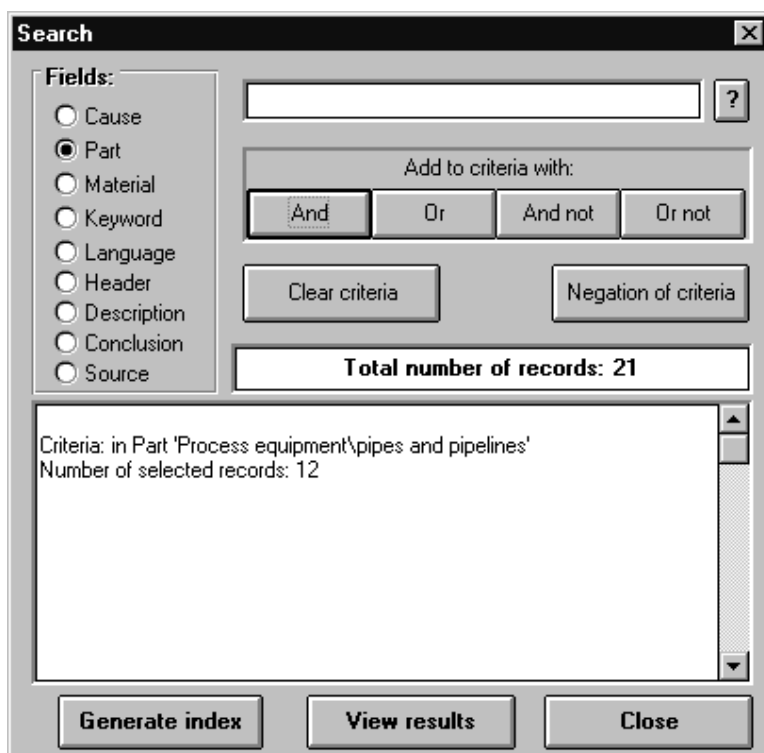
logikai műveletekkel kapcsolhatunk össze. Az ablak megjelenésekor a kritérium üres, illetve bármikor törölhető a **‘Clear criteria’** feliratú gombbal. Az első kritérium hozzáadásánál lényegtelen, hogy a négy logikai művelet közül melyiket használjuk.

Összetett feltétel esetén a **‘Negation of criteria’** gomb segítségével a teljes kritérium logikai negáltját állítja elő a program, amelyhez további feltételek csatolhatók.

Az alsó részen lévő ablakban a program folyamatosan írja az előállított kritériumokat és a nekik megfelelő esetek számát.

A keresés végeztével az ablak a **‘Close’** gombbal zárható be. A **‘View results’** gombbal szintén megtörténik az ablak bezárása, de a program az adatbázis tartalmát leszűkíti a feltételnek megfelelő esetekre. Így a program csak a keresett esettanulmányokat jeleníti meg a főképernyőn. A teljes adatbázis visszaállítható a főképernyőn megjelenő **‘Clear’** gombbal (lásd 3.2.6).

A **‘Generate index’** gomb hatására a program létrehoz egy HTML állományt, amely indexszerűen tartalmazza a kritériumnak megfelelő esetek címét.

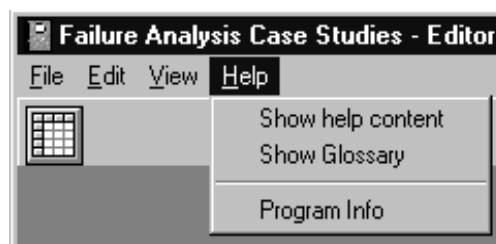


20. ábra
A keresést végző
ablak

4.3.6 A Help menü

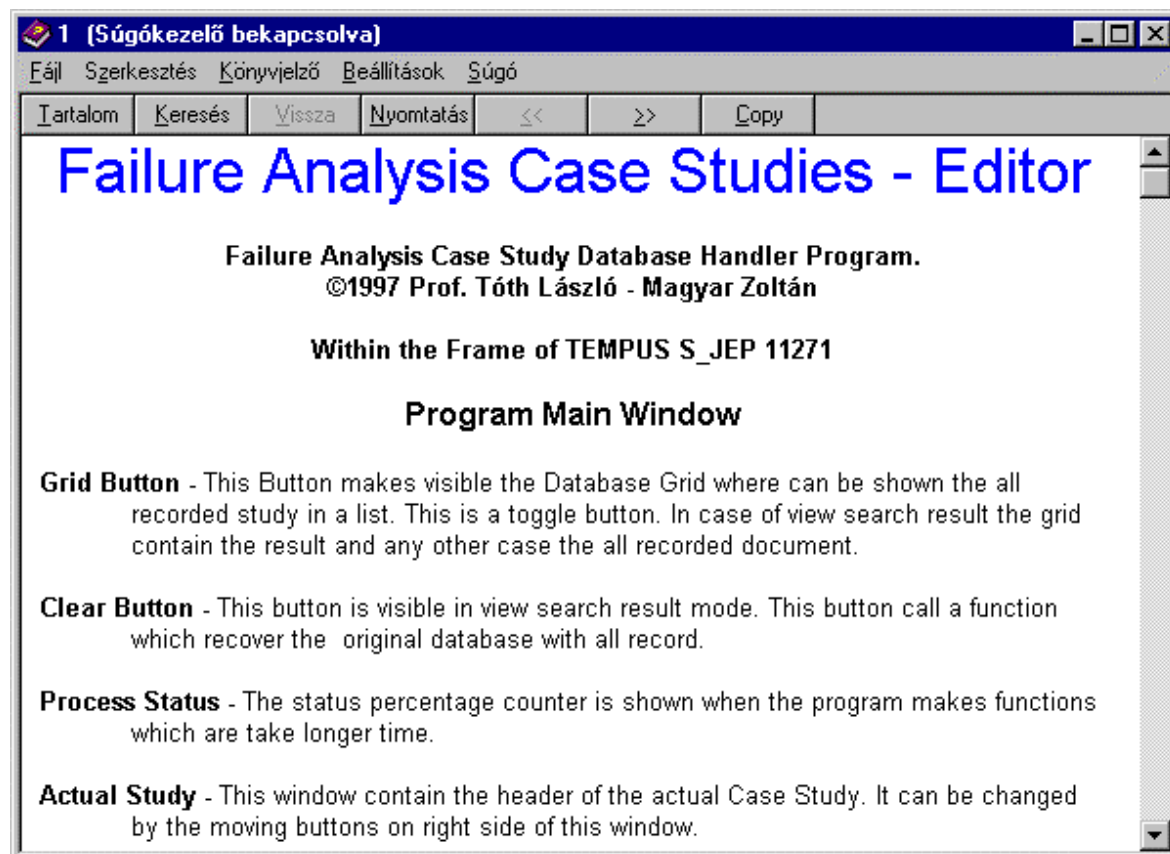
A menü pontjaival (21. ábra) elérhető funkciók a program kezelésével kapcsolatos információkat és segítséget szolgáltatnak.

21. ábra
A help menü szolgáltatásai



4.3.6.1 Show help content

Megjeleníti a program súgóját (22. ábra), amely szabványos Windows súgó, így kezelése a szokott módon történik. A súgót a menüponttal aktivizálva minden esetben a program fő ablakához tartozó képernyő jelenik meg. A súgó aktivizálható az 'F1' funkcióbillentyűvel is. Ennek hatására az aktuális környezethez (pl. ablak, menüpont, ...stb.) tartozó súgóképernyő jelenik meg.



22. ábra
A program súgója

4.3.6.2 Show Glossary

A menüpont a program súgójának kulcsszógyűjteményét jeleníti meg, ami a súgó szövegében található definíciókat tartalmazza sorrendbe szedve.

4.3.6.3 Info

A program információs ablaka jelenik meg, ahol a programról, készítőiről és a verziószámáról kaphatunk információkat.

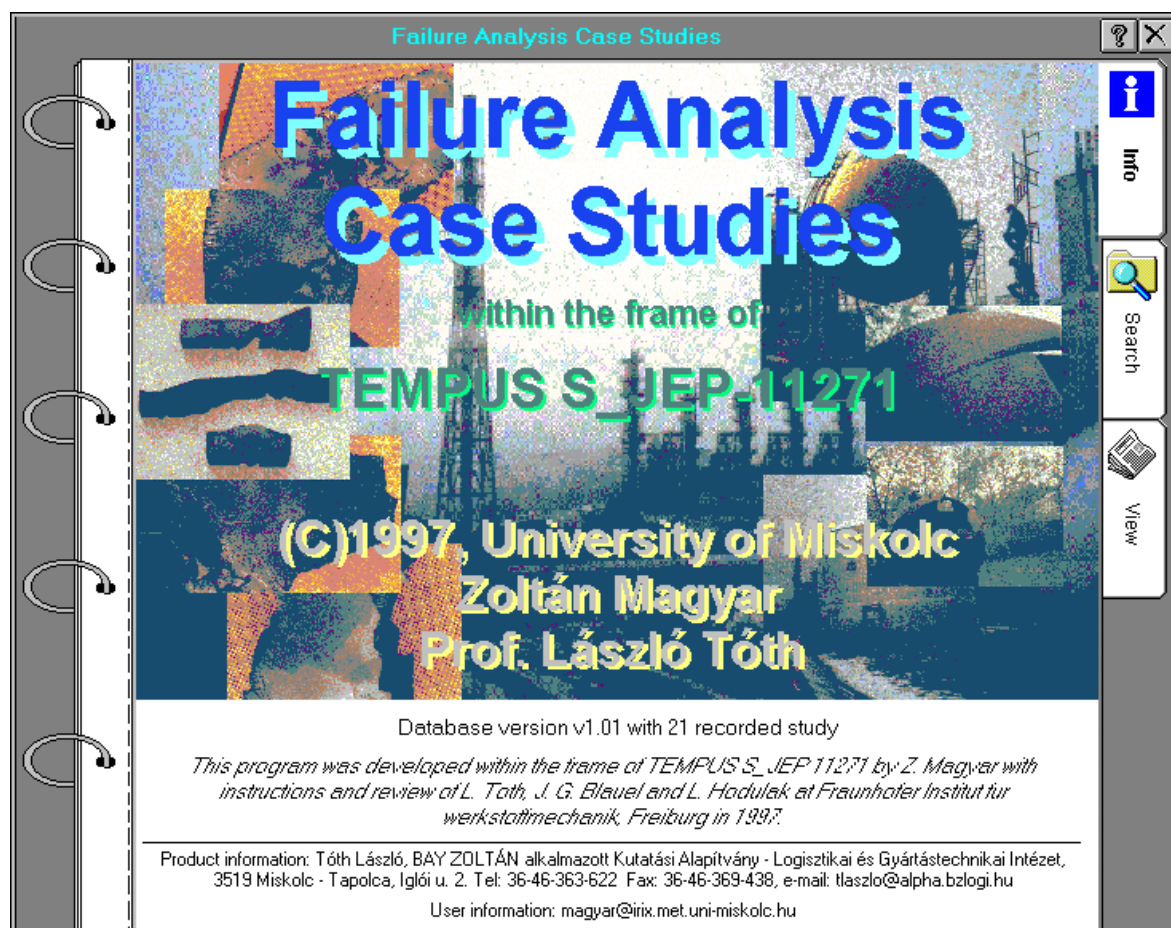
4.4. Az esettanulmányok megjelenítését végző program

Ez a program a szerkesztést végző program egyszerűsített változata, amely nem tartalmaz szerkesztési funkciókat, csak a keresést és megjelenítést végző részt

örökölte. A program képernyője egy jegyzetkönyvet szimbolizál, amelyek három lapja van, az információs, a keresést végző és a megjelenítő lap.

4.4.1 Az információs lap

A programról és készítőiről, illetve kapcsolat-felvételi lehetőségekről kaphatunk információt ezen a lapon (23. ábra). Ez a lap tartalmazza még a használt adatbázis verzióját és állapotát.

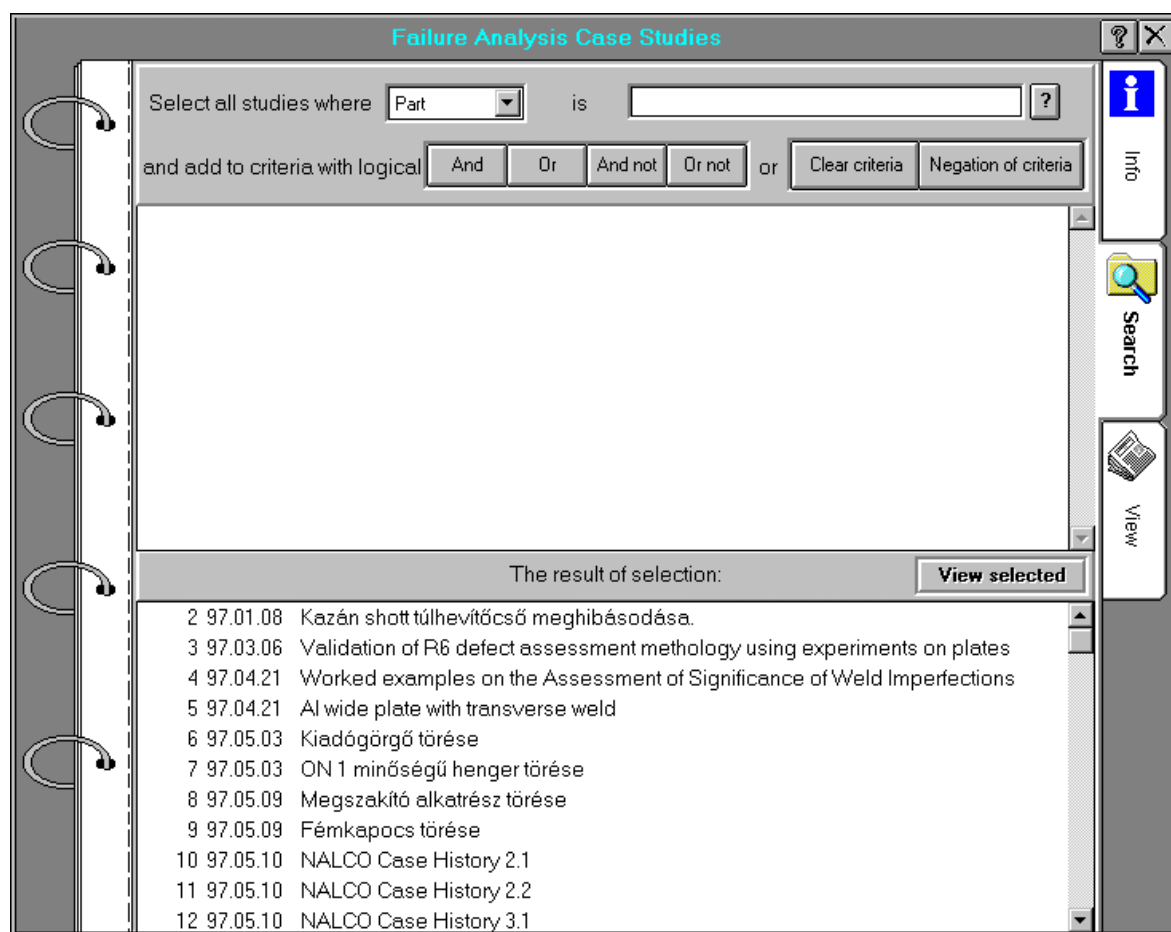


23. ábra
A program információs lapja

4.4.2 A keresést végző lap

Ezen a lapon (24. ábra) végezhető keresés a rögzített esettanulmányokban. A keresés segítő funkciók és működésük megegyezik a 3.5.2 pontban leírtakkal. Eltérés csak az egyes gombok és mezők elhelyezkedésében és a keresésben résztvevő mező kiválasztásában van. A kritérium bal oldalán álló mezőt itt egy legördülő listából választhatjuk ki.

A lap alsó részén látható az aktuális keresési kritériumnak megfelelő esettanulmányok listája. A listából a megtekinteni kívánt elemet kiválasztva dupla kattintással, a '**View selected**' gombbal illetve 'húzd és ejtsd' módszerrel a '**View**' fülre dobva jeleníthetjük meg.



24. ábra
A keresést végző lap

4.4.3 A megjelenítő lap

A jegyzetomb jobb oldalán lévő **‘View’** fülre kattintva, illetve a kijelölt esettanulmány megjelenítését kérve automatikusan juthatunk erre a lapra. A lapon a dokumentum nyomtatási képét láthatjuk (25. ábra). Több oldalas dokumentum esetén a jobb és a bal felső sarkokban lévő gombok segítségével lapozhatunk az oldalak között. A dokumentum ablakba nem férő részét a jobb szélén és alul található görgetősávok segítségével, illetve az egér bal gombjának folyamatos nyomva tartása mellett történő mozgatásával jeleníthetjük meg. A dokumentum nagyítása és kicsinyítése az egér bal illetve jobb gombjával történő dupla kattintással lehetséges.

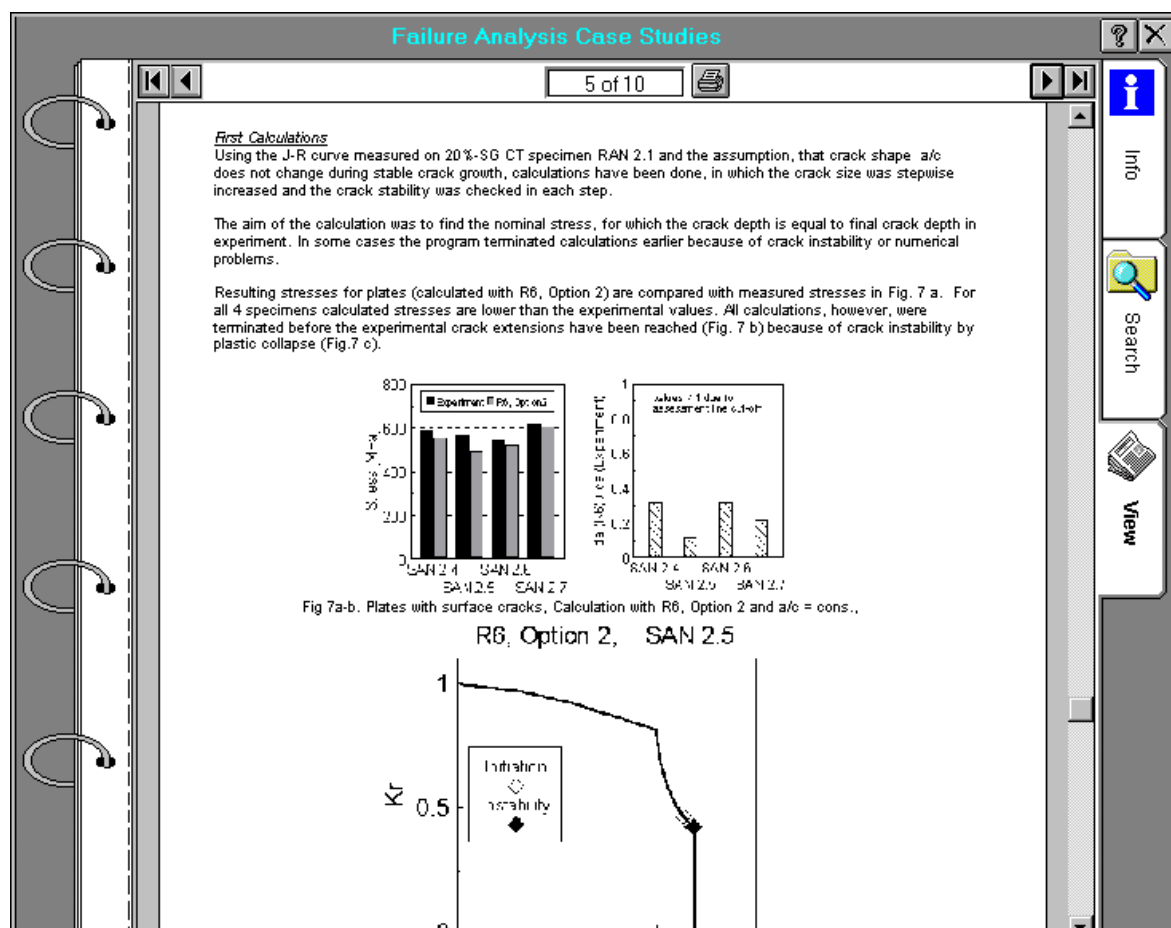
A felső sorban lévő nyomtatót ábrázoló gombbal a dokumentum oldalait nyomtathatjuk ki.

4.5. Az adatbank tartalma

Az adatbázis feltöltése folyamatos. A káresetek feldolgozásához formanyomtatvány készült magyar és angol nyelven (2. melléklet, 63-68. oldal). Jelenleg 36 példát tartalmaz. Ennek terjedelme meghaladja a 300 nyomtatott oldalt. Éppen a terjedelmi

okok miatt csupán néhány példa került kinyomtatásra. Ezek a 3 mellékletben láthatók. A rögzített adatok forrásaként az alábbi irodalmak szolgáltak:

- [1] Engineering Failure Analysis, Volume 2 N°2-4, 1995 Pergamon Press
- [2] Robert D. Port, Harvey M. Herro: The Nalco Guide to Boiler Failure Analysis, McGraw-Hill, 1991
- [3] J. G. Blauel, F. M. Burdekin: Case Study Collection on the Assessment of the significance of weld imperfections, 1996 Pergamon Press
- [4] L. Hodulak, D. Memhard, C. Couterot: Validation of R6 defect assessment methodology using experiments on plates and pipes with surface cracks, Fracture Mechanics 26th ASTM STP 1256
- [5] Metalcontrol Kft. Zárójelentései.
- [6] ERŐKAR Rt. zárójelentései.



25. ábra
A megjelenítő lap

5. Mérnöki kárelemzés

Mint a bevezetőben már említettük, a kárelemzés igen nagy jelentőségre tett szert az általános mérnöki gyakorlatban. Ez nyilvánvalóan tükröződött abban is, hogy számos könyv, kézikönyv, gyűjtemény jelent meg szerte a világon. Ezek motiválói korábban –éppen a jól felfogott érdekek miatt- a biztosító társaságok voltak, de napjainkban már az általános mérnöki gyakorlatba is átmentek, különösen az oktatás területén. A tématerület jelentőségét tovább fokozta az, hogy folyóirat is kiadásra került a jónevű Pergamon gondozásában. Az 1994. évben elindított lap minden egyes számában 6-8 káreset leírását, az okok felderítésére végzett vizsgálatok eredményeit tartalmazza. Annak érdekében, hogy a tanulást segítsük elkészítettük a címleírásokat napjainkig (1999. 5. szám). A műszaki angol nyelv elsajátítását segítheti az, hogy közöljük az eredeti angol címet is.

Aki a címjegyzéket bővíteni kívánja javasoljuk, hogy forduljon az ELSEVIER kiadó közönségszolgálatához (E-mail: cdmailer@elsevier.co.uk) és rendszeresen megkaphatja a megjelenő újabb szám tartalomjegyzékét kb. két héttel a megjelenés előtt. Ugyancsak hasonló információkhoz lehet jutni a cdarchive@elsevier.co.uk címen is, valamint az ELSEVIER kiadó tevékenységét részletesen bemutató <http://www.elsevier/locate/ContentsDirect> URL címen. Tervezzük a jövőben egy olyan adatbázis kialakítását, amely a konkrét káresetekhez tartozó adatbázist tartalmazza, amelyben a legkülönbözőbb szempontok szerint lehet keresni az irodalmi adatok között. Ezzel is segíteni kívánjuk a „tanulni a káresetekből” („learning from failures”) elv megvalósulását.

Szerzők	Cím	Év	Oldal	Kötet	Szám
R. Jukes, J. Vogwell	A feszültség-arány módszer és a végelelemes elemzés használata a törésmechanikában a geometria-korrekciós tényezők számítására	1994	1	1	1
M. Tullmin, J. E. Leitch, A. N. Northwell	On-line korrózió-figyelés a melegmarózó folyadékokban	1994	11	1	1
J. H. Cleland	Korrózió gabonátároló silókban	1994	17	1	1
E. V. Bravenec, J. E. Zapata	Fémipari hibaanalízis a háztartási vízszivattyú lapátkerekeknél	1994	29	1	1
D. R. H. Jones	Éles sarkokból induló fáradásos törések-három esettanulmány	1994	35	1	1
P. J. L. Fernandes, R. E. Clegg, D. R. H. Jones	Cseppfolyós fém okozta elridegedés miatti törés	1994	51	1	1
B. G. Mellor	Martenzites Bourdon-csővek hidrogén-elridegedés okozta törése	1994	65	1	1
S. P. Lynch	Szerkezetek és alkatrészek tönkremenetele környezet által okozott repedezéssel	1994	77	1	2
K. A. Macdonald	Fúrócsőoszlop és furatfenék oldalazó alkatrészek hibaanalízise	1994	91	1	2
J. F. Knott	Szerkezetintegritási becslési módszerek, különös tekintettel a nagy igénybevételre méretezett anyagokra	1994	119	1	2

Szerzők	Cím	Év	Oldal	Kötet	Szám
R. G. Bagerly	Edzési repedés a "U" teherautó-rugó csavarokra és a rugó-károsodásra vonatkozó következtetések	1994	135	1	2
R. K. Makins, S. Adali	Kereszt-rétegeelt anyagok teherviselő képessége mátrix-repedéssel	1994	143	1	2
D. R. H. Jones	Nyomástartó edények horpadásos törése-két esettanulmány	1994	155	1	2
D. R. H. Jones	Vezércikk	1994	i	1	2
	Előszó	1994	169	1	3
I. Milne	A szerkezeti integritás művelésének fontossága	1994	171	1	3
R. A. Smith	A Hillsborough futball katasztrófa: feszültséganalízis és a tömegelválasztó korlátok tervezési szabályai	1994	183	1	3
B. Jakobsen	A Sleipner baleset és okai	1994	193	1	3
A. G. Atkins	Léptékhiba a mérnöki tönkremenetekben	1994	201	1	3
F. R. Hall, J. Shippen	A Great Paul (harang) elvesztett kongása	1994	215	1	3
G. G. Chew, I. C. Howard, E. A. Patterson	Sertés bioprotézis billentyűk nemlineáris végelelemes modellezése	1994	231	1	3
D. R. H. Jones	A Tay-híd katasztrófa-hibás anyagok vagy hibás tervezés ?	1994	243	1	3
S. Barter, P. K. Sharp, G. Clark	Egy F/A-18 zsanérpánt hátsó élének meghibásodása	1994	255	1	4
S. Konosu, N. Sakaba, T. Kaneko	A hőkezelés hatása a hosszú üzemeltetést kiállító 800H ötvözet kúszási tulajdonságaira	1994	267	1	4
D. Taylor, M. O'Donnell	Bemetszésgeometria-hatások a fáradásban: konzervatív tervezési megközelítés	1994	275	1	4
G. M. Tannier	Hulladék hő kazáncső fém-porlódása (katasztrófális elszéneseződése)	1994	289	1	4
A.-M. Yan, Hnguyen-Dang	Feszültségintenzitási tényező és repedésterjedés egy nyomás alatt tartott tartályban	1994	307	1	4
K. A. Macdonald, W. F. Deans	Fúrósőszlop menetes kötéseinek feszültséganalízise végelelemes módszer használatával	1995	1	2	1
D. I. Nwosu, D. O. Olowokere	Feszültségintenzitási tényezők értékelése acél T csőidomok esetén volalrugó és héjelemek használatával	1995	31	2	1
C. R. Chaplin	Drótkötelek tönkremeneteli mechanizmusai	1995	45	2	1
D. R. H. Jones	Hegesztett szállítószalag kötélidomok fáradásos tönkremenetele	1995	59	2	1
S. R. Kale, P. L. Dhar, R. S. Agarwal, K. Athre, S. Biswas, K. Venkateswarlu, S. A. Sundaresan	Olajszórás és kopás csökkentés egy mélyhűtő légsűrítőben	1995	71	2	1
J. H. Cleland	Korróziós kockázat hajók ballasztvíztartályában és az IMO irányelvek	1995	79	2	1
A. Strawbridge, H. E. Evans	Vékony, rideg bevonatok mechanikai tönkremenetele	1995	85	2	2
P. F. Browning, C. L. Briant, K. Rajan, B. A. Knudsen	Wolframdrót húzásakor jelentkező hasadásos tönkremenetel analízise	1995	105	2	2

Szerzők	Cím	Év	Oldal	Kötet	Szám
R. Jones, W. K. Chiu, R. Smith	Kompozit javítások repülési alkalmassága: tönkremeneteli mechanizmusok	1995	117	2	2
J. Vogwell, J. M. Mínguez	Tönkremenetel szegecselt kötésekből és lyukat tartalmazó lemezekben	1995	129	2	2
P. J. Graham-Jones, B. G. Mellor	Szakértői és tudásalapú rendszerek a hibaelemzésben	1995	137	2	2
S. Konosu	A hőtörténet hatása a szén-0.5% molibdén acél kezdeti szívósságára	1995	151	2	2
D. R. H. Jones	A habszigetelés repedése egy cseppfolyós metán tartályban	1995	159	2	2
Rakesh Kaul, N. G. Muralidharan, T. Jayakumar, K. V. Kasiviswanathan, Baldev Raj, R. K. Dayal, V. R. Raju, J. B. Gnanamoorthy, S. Pattu	Karbonátos elpárologtató hőcserélők hibaelemzése	1995	165	2	3
J. J. Swab, M. P. Sweeny	Egy teljesen kerámia csapágyazás rendszer törési elemzése	1995	175	2	3
S. Srinivas, M. C. Padey, D. M. R. Taplin	Levegő-környezeti-küszás egymásra hatása egy nikkel alapú szuperötvözetben	1995	191	2	3
G. L. Ferguson, S. R. Gullapalli	Hőrugalmas végelelemes fáradásos tönkremenetel-elemzés	1995	197	2	3
S. Konosu, N. Sakaba, T. Kaneko	A hőkezelés hatása a hosszú üzemeltetést kiálló 800H ötvözet küszásos repedésterjedésre	1995	209	2	3
A. Berkovits	Fáradásos törést okozó terhelés becslése baleseti vizsgálatokban	1995	215	2	3
D. R. H. Jones	Egy eltört láncos csőkulcs hibaelemzése	1995	227	2	3
S. W. Bradley, W. L. Bradley	Eltört autódaru-hátsó híd vizsgálata törésmechanikával	1995	233	2	4
S.-B. Lee	Gőz- kipufogódob hőfáradásos törése és tervezési változtatások	1995	247	2	4
S. P. Lynch, B. Hole, T. Pasang	Hegesztett repülőgép titánium-csővezetékek tönkremenetelei	1995	257	2	4
B. G. Mellor	Súlyemelő-keret varratának fáradásos törése	1995	275	2	4
S.-B. Lee	Sajtológép-henger hibaelemzése és tervezési módosítása	1995	287	2	4
M. Gladh, P. Wallen	Gőzturbina-járókerék elhidegedése	1995	297	2	4
R. Jones, S. N. Atluri, S. Pitt, J. F. Williams	Fejlesztések az egymásra ható repedések elemzésében	1995	307	2	4
J. Tian, G. Zhu, H. Su, X. Liu	Áramfejlesztő gépcsoport gázturbinájának hibaelemzése	1996	1	3	1
R. Rabb	Összekötőrud fáradásos törése	1996	13	3	1
P. Carter, T. J. Carter, A. Viljoen	Bordás hőcserélő nagy, komplex lapjának hibaelemzése és élettartambecslése	1996	29	3	1
Om Prakash, R. K. Pandey	Tápszivattyú lapátkerékének hibaelemzése	1996	45	3	1
R. K. Luo, B. L. Gabbitas, B. V. Brickle	Nyitott alakú vasút forgóállványkeretének dinamikus feszültség-elemzése	1996	53	3	1
J. H. Cleland	Valójában mit mond nekünk a kipattogzás (pitting) - ellenállás egyenérték ?	1996	65	3	1
D. R. H. Jones	Famegmunkáló esztergapad örvényes tönkremenetele	1996	71	3	1
J. H. Cleland, P. G. Morgan	Üvegmaszas bevonatok tönkremenetele	1996	149	3	3
B. Hayes	Hat esettanulmány nyomástartó edények tönkremeneteléről	1996	157	3	3
R. B. Tait	Kerámia bidé hibaelemzése	1996	171	3	3

Szerzők	Cím	Év	Oldal	Kötet	Szám
J. Vogwell	Pneumatikus papírtekercs-szorító tönkremenetelének becslése papírhengerekben	1996	183	3	3
N. T. Goldsmith, G. Clark, S. A. Barter	RAAF repülő katasztrofális repedésének növekedési modellje	1996	191	3	3
A. Tauqir, I. Salam, F. H. Hashimi, A. Q. Khan	Légikarambol esettanulmány	1996	203	3	3
Xi Niansheng, Zhong Peidao, Tao Chunhu	Kerékgéfékezés hibaanalízise és kivédése a futóművön	1996	211	3	3
P. J. L. Fernandes	Foghajlító fáradásos tönkremenetelből származó törések fogaskerekekben	1996	219	3	3
P. J. L. Fernandes, D. R. H. Jones	A repedéstompulás hatása cseppfolyós fém környezetben a K_{IAC-on} növekvő terheléses kíséreltetel meghatározva	1996	227	3	3
R. G. Bagerly	Nagyszilárdságú kerékcsonkok hidrogén segítette repedése	1996	231	3	4
Zhong Peidao, Yan Hai	Bi-Sn-okozta elridegedés esettanulmánya	1996	241	3	4
A. I. Rifani, A. F. Grandt, Jr.	Komplex keresztmetszetbeli fáradásos repedésterjedés törésmechanikai vizsgálata	1996	249	3	4
K. A. Macdonald	A feszültségcsökkentő tulajdonság eredményessége az ausztenites fúrószárnehezék összekötőkben	1996	267	3	4
K. A. Macdonald, H. Aigner	Néhány esettanulmány tönkrement ausztenites fúrószárnehezékekről	1996	281	3	4
P. J. L. Fernandes, D. R. H. Jones	Sajátlagoságok a cseppfolyós fém okozta elridegedésben	1996	299	3	4
D. R. H. Jones	Vezércikk	1997	1	4	1
S. J. Garwood	Az MV Kurdistan sérülésének vizsgálata	1997	3	4	1
K. Schrems, D. MacLaren	Felvonógép-kötél hibaanalízise	1997	25	4	1
I. Salam, A. Tauqir, A. Q. Khan	A fáradásos törés okai egy repülőmotor alkatrészben	1997	39	4	1
R. Kieselbach	Egy siló szétrobbanása	1997	49	4	1
A. James	Láncrendszerek tönkremenetele	1997	57	4	1
A. James	Feltörésfúrás-gép katasztrofális törése földfelszín alatti bővítő fúrás közben	1997	71	4	1
J. H. Cleland, D. R. H. Jones	Közúti jármű kormányrúdjának nyírési törése	1997	81	4	1
K. G. Sedman, J. C. Thornley, R. M. Griffin	Fő gőzvezeték-varrat III-as típusú kúszásos repedésképződése	1997	89	4	2
P. J. L. Fernandes, C. McDuling	Felület-érintkezési fáradásos tönkremenetel fogaskerekekben	1997	99	4	2
S. Konosu, N. Mashiba, T. Ohtsuka	Tartós öregedés hatása a kúszásos elridegési érzékenységre	1997	109	4	2
R. Jones, W. K. Chiu, S. Pitt, S. C. Galea	Folyamatos szerkezetintegritás-ellenorozás	1997	117	4	2
R. Rigby, M. H. Aliabady	Feszültségintenzitás tényezők szegecselt csatlakozások repedéseire	1997	133	4	2
P. A. Withey	Az I. Havilland Üstökös fáradásos törése	1997	147	4	2
P. J. L. Fernandes	Érintkezési fáradás hengerlőelem csapággyakban	1997	155	4	2
N. K. Mukhopadhyay, S. K. Das, B. Ravikumar, V. R. Ranganath, S. Ghosh Chowdhury	Laprugó idő előtti meghibásodása a helytelen anyagmegmunkálás következtében	1997	161	4	3
V.M.J. Sharma, A.K. Jha, P. Ramesh Narayanan, S. Arumugham, T.S. Lakshmanan	Nitrogén-oxid üzemben használt ausztenites rozsdamentes acél-alkatrész tönkremenetele	1997	171	4	3

Szerzők	Cím	Év	Oldal	Kötet	Szám
D.R.H. Jones	Központi futórendszerek korróziója	1997	179	4	3
P.J.I. Fernandes, D.R.H. Jones	A mikroszerkezet hatása a repedés-keletkezésre cseppfolyós fém környezetben	1997	195	4	3
J.A. Ajayi, O.A. Adeleke	Vasúti fékpofa tönkremenetel-vizsgálata	1997	205	4	3
S. Hanna, R. Jones	Kompozit burkolatok öregedő alépítményekre: beton gerendázat	1997	215	4	3
J. Vogwell, J. M. Mínguez	Nem folyamatos hegesztett varratok tönkremenetelének becslése ha csavaróterhelésnek kitett csatlakozásokban van	1997	227	4	4
S. Pitt, R. Jones	Többoldalú és kiterjedt fáradásos károsodás öregedő repülőgépekben	1997	237	4	4
J.W.H. Price, N.R. Ibrahim, D. Ischenko	Tönkremenetelhez vezető repedésnövekedés hosszan tartó terhelés hatására alumínium gáztartályokban a közlekedésben	1997	259	4	4
N.S. Xi, C.H. Tao, H. Yan	Héjszerkezet töréses tönkremenetele	1997	271	4	4
I. Chatteraj, S.K. Das, B. Ravikumar, D.K. Bhattacharya	Vízmelegítő függőleges kazánfal-csőveinek korróziós károsodása és tönkremenetele	1997	279	4	4
J.H. Cleland	316L hajszárpelédéses korróziója, amit a víz-butanon keverékben eloszló klorid okozott	1997	287	4	4
A.K. Jha, E. Jacob, P. Ramesh Narayan, S. Arumugham	Üzemanyag-rendszer rozsdamentes acél csatlakozódarabjának tönkremenetele	1998	1	5	1
H. Velasquez, M. Smith, J. Foyos, F. Fischer, O.S. Es-Said, G. Sines	6Al-4V titán sebészeti eszközök kisciklusú fáradása	1998	7	5	1
B. Godara, N. Tandon, K. Gupta	Káresetelemzési megközelítés vasúti kocsi légkondicionáló egységében levő hűtőközegvezeték csatlakozójának törésére	1998	13	5	1
L. Vehovar, V. Kuhar, A. Vehovar	Autópálya völgyhídjának előfeszítő köteleinek hidrogén által gyorsított feszültségkorróziója	1998	21	5	1
P.J.I. Fernandes	Tönkrement ötödik sebességű tengelykapcsoló-kerék magyarázata	1998	29	5	1
P.J.I. Fernandes	Vízelosztó rézcsövek I típusú pitting korróziója	1998	35	5	1
V.M.J. Sharma, G. Venkatanarayana, V. Diwakar, S. Arumugham, T.S. Lakshmanan	Nagy szilárdságú, gyengén ötvöztött acél nyomókamra tönkremenetele	1998	41	5	1
D. Papatheodoru, M. Smith, O.S. Es-Said	Hajlítható csőátvonal korróziója	1998	49	5	1
P. Crawford, R.W. Aston, M.L. Smith, R.T. Marloth, O.S. Es-Said, S. Iyer	Rozsdamentes acél vegyipari elszívófülke korróziója	1998	53	5	1
A.C. Palmer	Gázcsatorna tűzgátjának felszakadása a B és C modulok között. Kézi számítás	1998	57	5	1
D. Matsuoka, M. Smith, O.S. Es-Said	Kovar és vékony alumínium-oxid kerámia csatlakoztatása arany germánium forrasztással	1998	69	5	1
P.J.L. Fernandes	Vezércikk	1998	77	5	2
R.B. Tait	Menetes forgó tengely kísérleti feszültségvizsgálata és hibaelemzése	1998	79	5	2
T.F. Rützi, E.J. Wentzel	Tönkrement indítókar dugattyúrúd vizsgálata	1998	91	5	2
Z. Masilela, J. Pereira	Az egyenáramú feszültséggradiens technológia, mint minőségbiztosítási eszköz új csővezetékek építésében	1998	99	5	2
J.M. Benson, A. Reeves, S.G. Lagrange	A Dél-afrikai Légierő néhány repülőgép-motor és repülőgép alkatrész tönkremeneteli esete	1998	105	5	2

Szerzők	Cím	Év	Oldal	Kötet	Szám
A.D. Raath, C.C. Van Waveren	Időtartomány megközelítés terhelés átépítésre, tartóssági vizsgálathoz	1998	113	5	2
G.A. Slabbert, J.J. McEvan, R. Paton	Szállítójármű láncgörgőjének hibaanalízise	1998	121	5	2
A.M. Heyes	Autóalkatrész tönkremenetelek	1998	129	5	2
P. Carter	Porlasztószárító kúszásos tönkremenetele	1998	143	5	2
W. Miglietti, F. Blum	A szubatomos nyomáson való fluorid-ion tisztítás előnyei	1998	149	5	2
M.L. Holland	Katalizátor redukciós reakcióedényben nagy hőmérsékleten tapasztalt hegesztési repedések szokatlan példái	1998	171	5	2
N.K. Mukhopadhyay, S. Ghosh Chowdhury, G. Das, I. Chattoraj, S.K. Das, D.K. Bhattachayra	Tönkrement kisnyomású gőzturbina lapát vizsgálata	1998	181	5	3
K.R. Al-Asmi, A.C. Seibi	Rezgés által keltett fáradásos tönkremenetel	1998	195	5	3
S. Ghosh Chowdhury, N.K. Mukhopadhyay, G. Das, S.K. Das, D.K. Bhattachayra	Hegesztéssel javított gőzturbina ház hibaanalízise	1998	205	5	3
A. Valiente, M. Elices	Előfeszített acélrudak s idő előtti meghibásodása	1998	219	5	3
D. Zhang, C.H. Tao	Tönkrement turbinalemez vizsgálata	1998	229	5	3
J.H. Bulloch, A.G. Callagy	Gőzturbina mechanikus vezérlőrésszének hibás működése	1998	235	5	3
C. Tao, N. Xi, H. Yan, Y. Zhang	Hidraulikus henger leszorítócsavarjának kifáradása	1998	241	5	3
M. Talesnick, R. Baker	Beton béléanyagú hajlékony cső tönkremenetele	1998	247	5	3
I. Salam, A. Tauquir, A. Ul Haq, A. Q. Khan	Golyócsapágy kifáradása okozta légszerencsétlenség	1998	261	5	4
J. Vogwell	Egy tönkrement jármű tengely analízise	1998	271	5	4
J.W. Bull, C.H. Woodford	Felállópálya összeomlásának megelőzése földalatti robbanás után	1998	279	5	4
A.K. Ray, Y.N. Tiwari, A.N. Sinha, R.K. Sinha, R. Singh, S. Chaudhuri	A vegyiparban használatos üzemben levő reakciótartály és desztillációs oszlop élettartamának becslése	1998	289	5	4
J.M. Mínguez, J. Vogwell	Oldalirányú nyomással terhelt, lyukat tartalmazó lemezek	1998	299	5	4
A.A. Lukin, S. Szymura, Yu. M. Rabinovich, H. Bala, A.A. Zhuravlyev	(Sm,Dy,Gd)Co5 állandó mágnes hidrogén elridegedése	1998	317	5	4
S. Konosu, T. Nakaniwa	Ferrites rozsdamentes acélból készült hőtárolós tartály hidrogénes repedése	1998	323	5	4
P.J. Vernon, T.J. Mackin	Láberősítő tornaszer kifáradása	1999	1	6	1
J.M. Henshaw, V. Wood, A.C. Hall	Autó biztonsági övének tönkremenetele műanyag öregedés miatt	1999	13	6	1
S.C. Bromley, L.L. Howell, B.D. Jensen	Polysilicon mikroeszközök maximális megengedhető deformációjának meghatározása	1999	27	6	1
Om Prakash, R. K. Pandey	Üzemanyagbefecskendező fúvókák hibaanalízise	1999	43	6	1
M. Qazafi, R. Marloth, M. Myers, O. S. Es-Said	Szinterelési eljárás on-line károsodás vizsgálata	1999	57	6	1
C.R. Chaplin	Mély vízben beszelelt sodronykötél csavaró tönkremenetelének monitorozása	1999	67	6	2

Szerzők	Cím	Év	Oldal	Kötet	Szám
B. Bozzini, G. Giovanelli, S. Natali, B. Brevaglieri, P.L. Cavallotti, G. Signorelli	Galvanoplasztikával kialakított Au, Cu és Au-Cu anyagok hidrogén elnyelése és elridegedése	1999	83	6	2
H.-J. Kim	Kisnyomású gőzturbina utolsó fokozatú lapátjának fáradási hibaanalízise	1999	93	6	2
K.B. Yoon, D.G. Jeong	Sugárzó fűtőcsövek oxidációs tönkremenetele	1999	101	6	2
K.A. Macdonald, P.J. Haagenzen	Négyszög keresztmetszetű hegesztett alumínium csatlakozások fáradásra való tervezése	1999	113	6	2
V.A. Kopnov	Futó bakdaru fémszerkezetének élettartambecslése	1999	131	6	3
J.-M. Gong, S.-T. Tu, K.B. Yoon	Hidrogén reformálóoszlop-csővek károsodásbecslése és javítási stratégiája	1999	143	6	3
G. Sridhar, S.K. Das, N.K. Mukhopadhyay	Kis szénttartalmú, jól forgácsolható acélrudak hibaanalízise	1999	155	6	3
G. Fu	Repülőgépmotorok üzemanyagszállító gumicsöveinek hibaanalízise	1999	173	6	3
P.R. Lewis	Kompozit nylon hűtő idő előtti törése	1999	181	6	3
P.R. Lewis, G.W. Weidmann	Polipropilén tartály katasztrofális törése I. rész: előzetes vizsgálatok	1999	197	6	4
G.W. Weidmann, P.R. Lewis	Polipropilén tartály katasztrofális törése II. rész: a DVS 2205 gyakorlati szabályzat és a tönkrement tartály tervezésének összehasonlítása	1999	215	6	4
N.K. Mukhopadhyay, S. Ghosh Chowdhury, R.K. Sinha, D.K. Bhattachayra, S. Chaudhuri	Üzemeltetés alatt levő közbenső hűtő cső hátralevő élettartambecslése	1999	233	6	4
C.H. Tao, N.S. Xi, M.L. Xie, P.D. Zhong, Y. Zhang	Hajtómű indítómotorjában levő lapátkerekek töréseinek elemzése	1999	245	6	4
N.K. Mukhopadhyay, G. Sridhar, N. Parida, S. Tarafder, V.R. Ranganath	Tüziorganyzott nagy szakítószilárdságú huzal hidrogén elridegedéses tönkremenetele	1999	253	6	4
G. Das, A.N. Sinha, S.K. Mishra Pathak, D.K. Bhattacharya	Centrifugális szivattyú előtéttengelyének hibaanalízise	1999	267	6	4
M.K. Rahman, M.M. Hossain, S.S. Rahman	Mintaszerszám csapfúró túlélés-becslése: integrált statikus és fáradásos elemzés	1999	277	6	5
M.J. Knight, F.P. Brennan	Fűrószárnehezék élettartamának megnövelése a lyuk ekcentrikusságának változtatásával	1999	301	6	5
N. Asnafi	Kötőelemek fejsajtolásakor a szerszámban fellépő feszültségekről	1999	321	6	5
A.M. Lancha, M. Serrano, D. Gómez Briceno	Kondenzvízszivattyú tengelyének hibaanalízise	1999	337	6	5
L. Calvanese, R. De Stefano, V. Longobardi	Lemezben levő rejtett lyukakból eredő feszültségkoncentráció	1999	355	6	5

Az Engineering Failure Analysis c. folyóirat tartalomjegyzéke az 1994/1-1999/5 periódusban.

Authors	Title	Year	Page	Volume	Number
R. Jukes, J. Vogwell	Using a stress ratio method and F. E. analysis for establishing geometry correction factors in fracture mechanics	1994	1	1	1
M. Tullmin, J. E. Leitch, A. N. Northwell	On-line corrosion monitoring in hot mill emulsions	1994	11	1	1

Authors	Title	Year	Page	Volume	Number
J. H. Cleland	Corrosion in crop storage silos	1994	17	1	1
E. V. Bravenec, J. E. Zapata	Metallurgical failure analysis of a domestic water pump impeller	1994	29	1	1
D. R. H. Jones	Fatigue failures from sharp corners-three case studies	1994	35	1	1
P. J. L. Fernandes, R. E. Clegg, D. R. H. Jones	Failure by liquid metal induced embrittlement	1994	51	1	1
B. G. Mellor	Hydrogen embrittlement failure of maraging steel Bourdon tubes	1994	65	1	1
S. P. Lynch	Failures of structures and components by environmentally assisted cracking	1994	77	1	2
K. A. Macdonald	Failure analysis of drillsrtng and bottom hole assembly components	1994	91	1	2
J. F. Knott	Structural integrity assessment methods, with particular reference to high-duty materials	1994	119	1	2
R. G. Bagerly	Quench cracks in truck spring "U" bolts and the implications for spring failure	1994	135	1	2
R. K. Makins, S. Adali	Load carrying capacity of cross-ply laminates with matrix cracks	1994	143	1	2
D. R. H. Jones	Buckling failures of pressurised vessels-two case studies	1994	155	1	2
D. R. H. Jones	Editorial	1994	i	1	2
	Preface	1994	169	1	3
I. Milne	The importance of the management of structural integrity	1994	171	1	3
R. A. Smith	The Hillsborough football disaster: stress analysis and design codes for crush barriers	1994	183	1	3
B. Jakobsen	The Sleipner accident and its causes	1994	193	1	3
A. G. Atkins	Scale effects in engineering failures	1994	201	1	3
F. R. Hall, J. Shippen	Great Paul dropped clanger	1994	215	1	3
G. G. Chew, I. C. Howard, E. A. Patterson	Non-linear finite element modelling of porcine bioprosthetic valves	1994	231	1	3
D. R. H. Jones	The Tay Bridge disaster-faulty materials or faulty design ?	1994	243	1	3
S. Barter. P. K. Sharp, G. Clark	The failure of an F/A-18 trailing edge flap hinge	1994	255	1	4
S. Konosu, N. Sakaba, T. Kaneko	Effects of heat treatment on the creep properties of Alloy 800H possessing long service history	1994	267	1	4
D. Taylor, M. O'Donnell	Notch geometry effects in fatigue: a conservative design approach	1994	275	1	4
G. M. Tannier	Metal dusting (catastrophic carburisation) of a waste heat boiler tube	1994	289	1	4
A.-M. Yan, Hnguyen-Dang	Stress intensity factors and crack extension in a cracked pressurised cylinder	1994	307	1	4
K. A. Macdonald, W. F. Deans	Stress analysis of drillstring threaded connections using the finite element method	1995	1	2	1

Authors	Title	Year	Page	Volume	Number
D. I. Nwosu, D. O. Olowokere	Evaluation of stress intensity factors for steel tubular T-joints using line spring and shell elements	1995	31	2	1
C. R. Chaplin	Failure mechanisms in wire ropes	1995	45	2	1
D. R. H. Jones	Fatigue failures of welded conveyor drums	1995	59	2	1
S. R. Kale, P. L. Dhar, R. S. Agarwal, K. Athre, S. Biswas, K. Venkateswarlu, S. A. Sundaresan	Oil throw and wear reduction in a deep freezer compressor	1995	71	2	1
J. H. Cleland	Corrosion risks in ships' ballast tanks and the IMO pathogen guidelines	1995	79	2	1
A. Strawbridge, H. E. Evans	Mechanical failure of thin brittle coatings		85	2	2
P. F. Browning, C. L. Briant, K. Rajan, B. A. Knudsen	An analysis of splitting failures during the drawing of tungsten wires	1995	105	2	2
R. Jones, W. K. Chiu, R. Smith	Airworthiness of composite repairs: failure mechanisms	1995	117	2	2
J. Vogwell, J. M. Mínguez	Failure in lug joints and plates with holes	1995	129	2	2
P. J. Graham-Jones, B. G. Mellor	Expert and knowledge-based systems in failure analysis	1995	137	2	2
S. Konosu	Effect of heat history on initial toughness of carbon-0.5% molybdenum steel	1995	151	2	2
D. R. H. Jones	Cracking of foam insulation in a liquid methane tank	1995	159	2	2
Rakesh Kaul, N. G. Muralidharan, T. Jayakumar, K. V. Kasiviswanathan, Baldev Raj, R. K. Dayal, V. R. Raju, J. B. Gnanamoorthy, S. Pattu	Failure analysis of carbonate reboiler heat exchangers	1995	165	2	3
J. J. Swab, M. P. Sweeny	Fracture analysis of an all-ceramic bearing system	1995	175	2	3
S. Srinivas, M. C. Padey, D. M. R. Taplin	Air-environment-creep interaction in a nickel base superalloy	1995	191	2	3
G. L. Ferguson, S. R. Gullapalli	Thermo-elastic finite element fatigue failure analysis	1995	197	2	3
S. Konosu, N. Sakaba, T. Kaneko	Effects of heat treatment on the creep crack growth of Alloy 800H possessing long service history	1995	209	2	3
A. Berkovits	Estimation of loads causing fatigue failures in accident investigations	1995	215	2	3
D. R. H. Jones	Failure analysis of a fractured chain wrench	1995	227	2	3
S. W. Bradley, W. L. Bradley	Analysis of failure of axle housing of crane truck with fracture mechanics	1995	233	2	4
S.-B. Lee	Thermal fatigue failure and design modification of a stream exhaust silencer	1995	247	2	4
S. P. Lynch, B. Hole, T. Pasang	Failures of welded titanium aircraft ducts	1995	257	2	4
B. G. Mellor	Fatigue fracture of a weld on a weight training frame	1995	275	2	4
S.-B. Lee	Failure analysis and design modification of a briquetting machine roller	1995	287	2	4
M. Gladh, P. Wallen	Embrittlement of a steam turbine rotor	1995	297	2	4
R. Jones, S. N. Atluri, S. Pitt, J. F. Williams	Developments in the analysis of interacting cracks	1995	307	2	4
J. Tian, G. Zhu, H. Su, X. Liu	Failure analysis of a gas turbine from a generating set	1996	1	3	1
R. Rabb	Fatigue failure of a connecting rod	1996	13	3	1

Authors	Title	Year	Page	Volume	Number
P. Carter, T. J. Carter, A. Viljoen	Failure analysis and life prediction of a large, complex plate fin heat exchanger	1996	29	3	1
Om Prakash, R. K. Pandey	Failure analysis of the impellers of a feed pump	1996	45	3	1
R. K. Luo, B. L. Gabbittas, B. V. Brickle	Dynamic stress analysis of an open-shaped railway bogie frame	1996	53	3	1
J. H. Cleland	What does the pitting resistance equivalent really tell us ?	1996	65	3	1
D. R. H. Jones	Whirling failure in a woodworking lathe	1996	71	3	1
J. H. Cleland, P. G. Morgan	Failure of vitreous enamelled coatings	1996	149	3	3
B. Hayes	Six case histories of pressure vessel failures	1996	157	3	3
R. B. Tait	Failure analysis of a ceramic bidet	1996	171	3	3
J. Vogwell	Assessment of airshaft failures in paper reels	1996	183	3	3
N. T. Goldsmith, G. Clark, S. A. Barter	A growth model for catastrophic cracking in an RAAF aircraft	1996	191	3	3
A. Tauqir, I. Salam, F. H. Hashimi, A. Q. Khan	An air crash case study	1996	203	3	3
Xi Niansheng, Zhong Peidao, Tao Chunhu	Failure analysis and prevention of a brake nave on a landing gear	1996	211	3	3
P. J. L. Fernandes	Tooth bending fatigue failures in gears	1996	219	3	3
P. J. L. Fernandes, D. R. H. Jones	The effect of crack blunting in liquid metal environments on K_{IEAC} determined by the rising load test	1996	227	3	3
R. G. Bagerly	Hydrogen-assisted stress cracking of high-strength wheel bolts	1996	231	3	4
Zhong Peidao, Yan Hai	A case study of Bi-Sn-induced embrittlement	1996	241	3	4
A. I. Rifani, A. F. Grandt, Jr.	A fracture mechanics analysis of fatigue crack growth in a complex cross section	1996	249	3	4
K. A. Macdonald	The effectiveness of stress relief features in austenitic drillcollar connections	1996	267	3	4
K. A. Macdonald, H. Aigner	Some case studies of failed austenitic drillcollars	1996	281	3	4
P. J. L. Fernandes, D. R. H. Jones	Specificity in liquid metal induced embrittlement	1996	299	3	4
D. R. H. Jones	Editorial	1997	1	4	1
S. J. Garwood	Investigation of the MV Kurdistan casualty	1997	3	4	1
K. Schrems, D. MacLaren	Failure analysis of a mine hoist rope	1997	25	4	1
I. Salam, A. Tauqir, A. Q. Khan	Causes of fatigue failure in an aero-engine component	1997	39	4	1
R. Kieselbach	Bursting of a silo	1997	49	4	1
A. James	Failures of chain systems	1997	57	4	1
A. James	Catastrophic failure of a raise boring machine during underground reaming operations	1997	71	4	1
J. H. Cleland, D. R. H. Jones	Shear failure of a road-vehicle steering shaft	1997	81	4	1
K. G. Sedman, J. C. Thornley, R. M. Griffin	Type III creep cracking at main steam line welds	1997	89	4	2
P. J. L. Fernandes, C. McDuling	Surface contact fatigue failures in gears	1997	99	4	2

Authors	Title	Year	Page	Volume	Number
S. Konosu, N. Mashiba, T. Ohtsuka	Influence of prolonged aging on creep embrittlement susceptibility	1997	109	4	2
R. Jones, W. K. Chiu, S. Pitt, S. C. Galea	Structural integrity monitoring	1997	117	4	2
R. Rigby, M. H. Aliabady	Stress intensity factors for cracks at attachment lugs	1997	133	4	2
P. A. Withey	Fatigue failure of the de Havilland Comet I	1997	147	4	2
P. J. L. Fernandes	Contact fatigue in rolling-element bearings	1997	155	4	2
N. K. Mukhopadhyay, S. K. Das, B. Ravikumar, V. R. Ranganath, S. Ghosh Chowdhury	Premature failure of a leaf spring due to improper materials processing	1997	161	4	3
V.M.J. Sharma, A.K. Jha, P. Ramesh Narayanan, S. Arumugham, T.S. Lakshmanan	Failure of austenitic stainless steel components used in nitrogen oxide plant	1997	171	4	3
D.R.H. Jones	Corrosion of central heating systems	1997	179	4	3
P.J.I. Fernandes, D.R.H. Jones	The effects of microstructure on crack initiation in liquid-metal environments	1997	195	4	3
J.A. Ajayi, O.A. Adeleke	Failure analysis of railway brake blocks	1997	205	4	3
S. Hanna, R. Jones	Composite wraps for aging infrastructure: concrete beams	1997	215	4	3
J. Vogwell, J. M. Mínguez	Predicting failure in non-continuous weld seams when used in joints under torsion loading	1997	227	4	4
S. Pitt, R. Jones	Multiple-site and widespread fatigue damage in aging aircraft	1997	237	4	4
J.W.H. Price, N.R. Ibrahim, D. Ischenko	Sustained load crack growth leading to failure in aluminium gas cylinders in traffic	1997	259	4	4
N.S. Xi, C.H. Tao, H. Yan	Fracture failure of a shell structure	1997	271	4	4
I. Chatteraj, S.K. Das, B. Ravikumar, D.K. Bhattacharya	Corrosive degradation and failure of vertical furnace wall tubes of a boiler	1997	279	4	4
J.H. Cleland	Crevice corrosion of 316L caused by chloride partition in water-butanone mixtures	1997	287	4	4
A.K. Jha, E. Jacob, P. Ramesh Narayan, S. Arumugham	Failure of stainless steel adaptor used in propellant control system	1998	1	5	1
H. Velasquez, M. Smith, J. Foyos, F. Fischer, O.S. Es-Said, G. Sines	Low-cycle fatigue of titanium 6Al-4V surgical tools	1998	7	5	1
B. Godara, N. Tandon, K. Gupta	A failure analysis approach to solving refrigerant connector failures in rail coach air conditioning units	1998	13	5	1
L. Vehovar, V. Kuhar, A. Vehovar	Hydrogen assisted stress-corrosion of prestressing wires in a motorway viaduct	1998	21	5	1
P.J.I. Fernandes	Examination of a failed fifth wheel coupling	1998	29	5	1
P.J.I. Fernandes	Type I pitting of copper tubes from a water distribution system	1998	35	5	1
V.M.J. Sharma, G. Venkatanarayana, V. Diwakar, S. Arumugham, T.S. Lakshmanan	Failure of a high strength low alloy steel pressure chamber	1998	41	5	1
D. Papatheodoru, M. Smith, O.S. Es-Said	Corrosion of flexible waveguides	1998	49	5	1
P. Crawford, R.W. Aston, M.L. Smith, R.T. Marloth, O.S. Es-Said, S. Iyer	Corrosion of a stainless steel chemical hood	1998	53	5	1

Authors	Title	Year	Page	Volume	Number
A.C. Palmer	Brakeup of the firewall between the B and C modules of the Piper Alpha platform-I. Analysis by hand calculation	1998	57	5	1
D. Matsuoka, M. Smith, O.S. Es-Said	The attachment of thin alumina ceramic plates to Kovar using gold germanium solder	1998	69	5	1
P.J.L. Fernandes	Editorial	1998	77	5	2
R.B. Tait	Failure analysis and experimental stress analysis of a threaded rotating shaft	1998	79	5	2
T.F. Rütti, E.J. Wentzel	Investigation of failed actuator piston rods	1998	91	5	2
Z. Masilela, J. Pereira	Using the direct current voltage gradient technology as a quality control tool during construction of new pipelines	1998	99	5	2
J.M. Benson, A. Reeves, S.G. Lagrange	Some failure analysis of South African Air Force aircraft engine and airframe components	1998	105	5	2
A.D. Raath, C.C. Van Waveren	A time domain approach to load reconstruction for durability testing	1998	113	5	2
G.A. Slabbert, J.J. McEvan, R. Paton	Failure analysis of carrier chain pins	1998	121	5	2
A.M. Heyes	Automotive component failures	1998	129	5	2
P. Carter	Creep failure of a spray drier	1998	143	5	2
W. Miglietti, F. Blum	Advantages of fluoride ion cleaning at sub-atmospheric pressure	1998	149	5	2
M.L. Holland	Unusual cases of weld-associated cracking experienced in a high temperature catalyst reduction reactor	1998	171	5	2
N.K. Mukhopadhyay, S. Ghosh Chowdhury, G. Das, I. Chattoraj, S.K. Das, D.K. Bhattachayra	An investigation of failure of low pressure steam turbine blades	1998	181	5	3
K.R. Al-Asmi, A.C. Seibi	Vibration-induced fatigue failure of an impulse line	1998	195	5	3
S. Ghosh Chowdhury, N.K. Mukhopadhyay, G. Das, S.K. Das, D.K. Bhattachayra	Failure analysis of a weld repaired steam turbine casing	1998	205	5	3
A. Valiente, M. Elices	Premature failure of prestressed steel bars	1998	219	5	3
D. Zhang, C.H. Tao	Investigation of a turbine disk failure	1998	229	5	3
J.H. Bulloch, A.G. Callagy	Malfunctions of a steam turbine mechanical control system	1998	235	5	3
C. Tao, N. Xi, H. Yan, Y. Zhang	Fatigue failure of hold-down bolts for a hydraulic cylinder gland	1998	241	5	3
M. Talesnick, R. Baker	Failure of a flexible pipe with a concrete liner	1998	247	5	3
I. Salam, A. Tauquir, A. Ul Haq, A. Q. Khan	An air crash due to fatigue failure of a ball bearing	1998	261	5	4
J. Vogwell	Analysis of a vehicle wheel shaft failure	1998	271	5	4
J.W. Bull, C.H. Woodford	The prevention of runway collapse following an underground explosion	1998	279	5	4
A.K. Ray, Y.N. Tiwari, A.N. Sinha, R.K. Sinha, R. Singh, S. Chaudhuri	Life prediction of service exposed reactor and distillation column materials used in a petrochemical industry	1998	289	5	4
J.M. Mínguez, J. Vogwell	Plates with holes under lateral load pressure	1998	299	5	4
A.A. Lukin, S. Szymura, Yu. M. Rabinovich, H. Bala, A.A. Zhuravlyev	Hydrogen embrittlement failure of (Sm,Dy,Gd)Co5 permanent magnets	1998	317	5	4

Authors	Title	Year	Page	Volume	Number
S. Konosu, T. Nakaniwa	Hydrogen cracking of ferritic stainless steel thermal storage tanks	1998	323	5	4
P.J. Vernon, T.J. Mackin	Fatigue failure analysis of a leg press exercise machine	1999	1	6	1
J.M. Henshaw, V. Wood, A.C. Hall	Failure of automobile seat belts caused by polymer degradation	1999	13	6	1
S.C. Bromley, L.L. Howell, B.D. Jensen	Determination of maximum allowable strain for polysilicon micro-devices	1999	27	6	1
Om Prakash, R. K. Pandey	Failure analysis of fuel injection tubes	1999	43	6	1
M. Qazafi, R. Marloth, M. Myers, O. S. Es-Said	On-line monitoring of damage to a sintering process	1999	57	6	1
C.R. Chaplin	Torsional failure of a wire rope mooring line during installation in deep water	1999	67	6	2
B. Bozzini, G. Giovanelli, S. Natali, B. Brevaglieri, P.L. Cavallotti, G. Signorelli	Hydrogen incorporation and embrittlement of electroformed Au, Cu, and Au-Cu	1999	83	6	2
H.-J. Kim	Fatigue failure analysis of a last stage blade in a low pressure steam turbine	1999	93	6	2
K.B. Yoon, D.G. Jeong	Oxidation failure of radiant heater tubes	1999	101	6	2
K.A. Macdonald, P.J. Haagenen	Fatigue design of welded aluminium rectangular hollow section joints	1999	113	6	2
V.A. Kopnov	Fatigue life prediction of the metalwork of travelling gantry crane	1999	131	6	3
J.-M. Gong, S.-T. Tu, K.B. Yoon	Damage assessment and maintenance strategy of hydrogen reformer furnace tubes	1999	143	6	3
G. Sridhar, S.K. Das, N.K. Mukhopadhyay	Failure analysis of low carbon free-cutting steel wire rods	1999	155	6	3
G. Fu	Failure analysis of rubber fuel pipes in aero-engines	1999	173	6	3
P.R. Lewis	Premature fracture of a composite nylon radiator	1999	181	6	3
P.R. Lewis, G.W. Weidmann	Catastrophic failure of a polypropylene tank Part I: primary investigation	1999	197	6	4
G.W. Weidmann, P.R. Lewis	Catastrophic failure of a polypropylene tank Part II: comparison of the DVS 2205 code of practice and the design of the failed tank	1999	215	6	4
N.K. Mukhopadhyay, S. Ghosh Chowdhury, R.K. Sinha, D.K. Bhattachayra, S. Chaudhuri	Remaining life estimation of a service exposed economiser tube	1999	233	6	4
C.H. Tao, N.S. Xi, M.L. Xie, P.D. Zhong, Y. Zhang	Analysis of turbine blade breakages in an engine starting motor	1999	245	6	4
N.K. Mukhopadhyay, G. Sridhar, N. Parida, S. Tarafder, V.R. Ranganath	Hydrogen embrittlement failure of hot dip galvanised high tensile wires	1999	253	6	4
G. Das, A.N. Sinha, S.K. Mishra Pathak, D.K. Bhattacharya	Failure analysis of counter shafts of a centrifugal pump	1999	267	6	4
M.K. Rahman, M.M. Hossain, S.S. Rahman	Survival assessment of die-marked drill pipes: integrated static and fatigue anal.	1999	277	6	5
M.J. Knight, F.P. Brennan	Fatigue life improvement of drill collars through control of bore eccentricity	1999	301	6	5
N. Asnafi	On tool stresses in cold heading of fasteners	1999	321	6	5
A.M. Lancha, M. Serrano, D. Gómez Briceno	Failure analysis of a condensate pump shaft	1999	337	6	5
L. Calvanese, R. De Stefano, V. Longobardi	Stress concentrations from small blind holes in plates	1999	355	6	5

MELLÉKLETEK

1. melléklet: A káresetek adatbázisának jelenlegi tartalma

Károsodott szerkezeti elem típusa

Angol	Magyar
Transportation	Közlekedés
➤ aircraft-aerospace	➤ repülő és űrrepülő
➤ ship	➤ hajó
➤ railway	➤ vasút
Process equipment	Üzemi berendezések
➤ heat exchangers	➤ hőcserélők
➤ pressure vessels	➤ nyomástartó edények
➤ pipes and pipelines	➤ csövek, csővezetékek
➤ tanks	➤ tartályok
➤ auxiliary	➤ kiegészítők
Rotating equipment	Forgó alkatrészek
➤ shaft	➤ tengely
➤ blades, disks and rotors	➤ lapátok, tárcsák és rotorok
➤ impellers	➤ lapátkerekek
Miscellaneous	Vegyes
➤ valve	➤ szelep
➤ biomedical structure	➤ orvos-műszaki szerkezet
➤ springs	➤ rugók
➤ tools	➤ szerszámok
➤ fastener	➤ rögzítők
➤ electrical equipment	➤ elektromos berendezések
Model	Modell
➤ laboratory model	➤ kísérleti modell
➤ calculated model	➤ elméleti modell

Károsodott szerkezeti elem anyaga

Angol	Magyar
Steel	Acél
➤ structural steel	➤ gépacél
➤ engineering steel	➤ szerkezeti acél
➤ heat, creep resistant and stainless steel	➤ hő, kúszásálló és rozsdamentes acél
➤ tool steel	➤ szerszámacél
➤ cast steel	➤ acélöntvény
Cast iron	Öntöttvas
➤ white cast iron	➤ fehér öntöttvas
➤ graphite cast iron	➤ szürke öntöttvas
➤ cast iron alloy	➤ ötvözött öntvény
➤ annealed cast iron	➤ temperöntvény
Aluminum	Alumínium
➤ ductile aluminum alloy	➤ alakítható alumínium ötvözet
➤ tempering aluminum alloy	➤ nemesíthető alumínium ötvözet
➤ cast aluminum	➤ alumínium öntvény

Károsodás oka

Angol	Magyar
Fatigue	Fáradás
➤ low cycle fatigue	➤ kisciklusú fáradás
➤ high cycle fatigue	➤ nagyciklusú fáradás
Creep	Kúszás
➤ creep	➤ kúszás
Corrosion	Korrózió
➤ stress corrosion	➤ feszültség korrózió
➤ chemical corrosion	➤ kémiai korrózió
➤ caustic corrosion	➤ savas korrózió
➤ chelant corrosion	➤ kelát korrózió
➤ hydrogen damage	➤ hidrogénes károsodás
➤ corrosion fatigue cracking	➤ korróziós fáradás
Birth defects	Gyártási hibák
➤ surface cracks	➤ felületi repedések
➤ inclusions	➤ zárványok
➤ incorrect material	➤ helytelen anyag
➤ incorrect process	➤ helytelen gyártás
Overload	Túlterhelés
➤ thermal overload	➤ hőtülerhelés
➤ mechanical overload	➤ mechanikai túlterhelés
➤ dynamical overload	➤ dinamikus túlterhelés
➤ incorrect operation	➤ helytelen működtetés

Formanyomtatvány a Kárelemzéshez

Cím:	
Nyelv:	
Forrás:	
Kulcsszavak:	
Dátum:	
Készítette	

Alkalmazási terület	Anyagok	Károsodás oka
Közlekedés repülés, űrhajózás hajózás vasúti közlekedés Vegyipar hőcserélők nyomástartó edények csövek, csővezetékek tartályok segédberendezések Forgó berendezések tengelyek lapátok, tárcsák, rotorok propeller Egyebek szelepek biomedikai elemek rugók szerszámok szorító elemek elektrotechnikai elemek Modell laboratóriumi numerikus Más: (ismertesse)	Acélok szerkezeti nemesíthető hőálló, kúszásálló, ausztenites szerszám acélöntvény Öntöttvas fehéröntvény szürkeöntvény ötvözött hőkezelt Aluminium színfém alakítható nemesíthető öntvény Más: (ismertesse)	Fáradás kisciklusú nagy ciklusú Kúszás kúszás Korrózió feszültségkorrózió kémiai korrózió caustic corrosion chelant corrosion hidrogénes korrózió korróziós fáradás A hiba iniciálója felületi repedés zárványok hibás anyagválasztás gyártási hiba Túlterhelés hőhatás mechanikai dinamikai hibás üzemeltetés Más: (ismertesse)

Leírás:	
Vizsgálatok:	
Mellékletek: (Táblázatok)	
Mellékletek:	

(Ábrák, fényképek)	
Következtetések:	

Template for Failure Analysis Case Studies

Title of study:	
Language:	
Source:	
Keywords:	
Date:	
Recorded by	

APPLICATION PART	MATERIALS	CAUSE OF FAILURE
Transportation aircraft-aerospace ship railway Process equipment heat exchangers pressure vessels pipes and pipelines tanks auxiliary Rotating equipment shaft blades, disks and rotors impeller Miscellaneous valve biomedical structure springs tools fastener electrical equipment Model laboratory model calculated model Other: (please specify)	Steel structural steel Engineering steel heat, creep resistant and stainless steel tool steel cast steel Cast iron white cast iron graphite cast iron cast iron alloy annealed cast-iron Aluminum aluminum ductile aluminum alloy tempering aluminum alloy cast aluminum Other: (please specify)	Fatigue low cycle high cycle Creep creep Corrosion stress corrosion chemical corrosion caustic corrosion chelant corrosion hydrogen corrosion corrosion-fatigue cracking Birth defect surface cracks inclusions incorrect material incorrect process Overload thermal overload mechanic overload dynamic overload incorrect operation Other: (please specify)

Description:	
Examinations:	
Appendix: (Tables)	
Appendix:	

(Pictures)	
Conclusion:	