

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 megbecsüljük - 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 szereléstechológiai 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 Institut 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

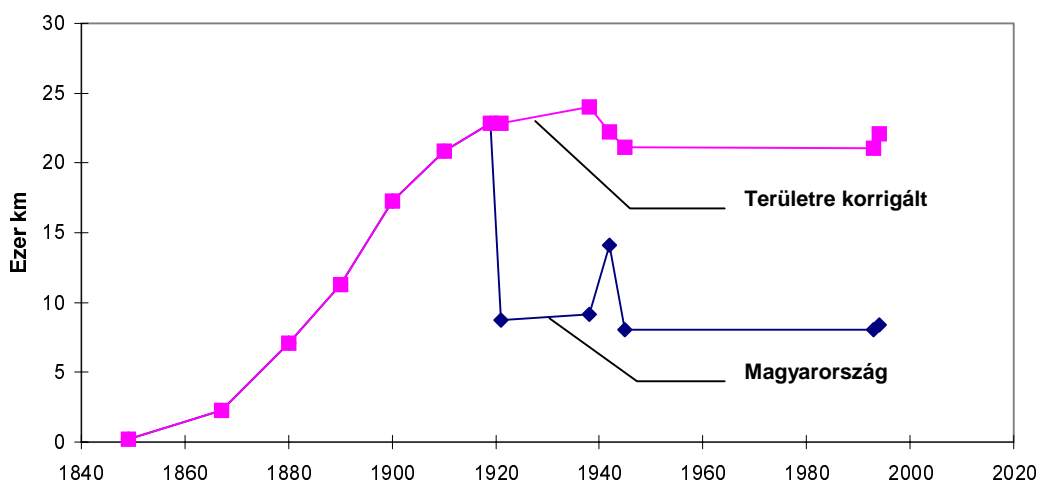
¹ Lenkeyné Biró Gyöngyvér: *Előadások a kárelemzés elveiről*, ASM videó sorozat A TEMPUS S_JEP_11271 sorozat kiadványa. 1999.

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

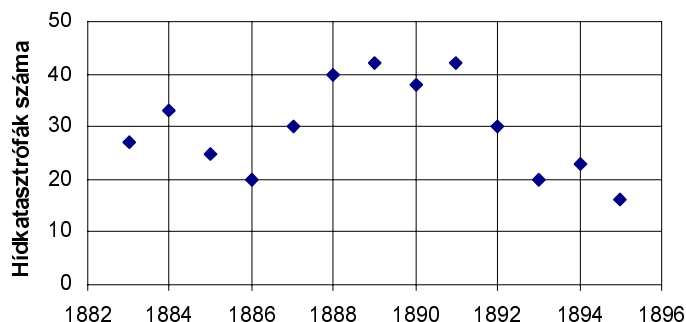
A kárelemzés olyan hosszú múltra tekint vissza, mint maga az emberiség, hisz ha megsérült vagy eltört valami, mindig felvetődött a **MIÉRT** kérdése? A válasz ismeretében pedig önként adódott az ilyen jellegű káreset megelőzésének, kiküszöbölésének lehetősége, amely egyben a fejlődés hordozója is. Ilyen szempontból tehát azt mondhatjuk, hogy a kárelemzés a fejlődés egyik hajtóereje, annak mozgató 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.

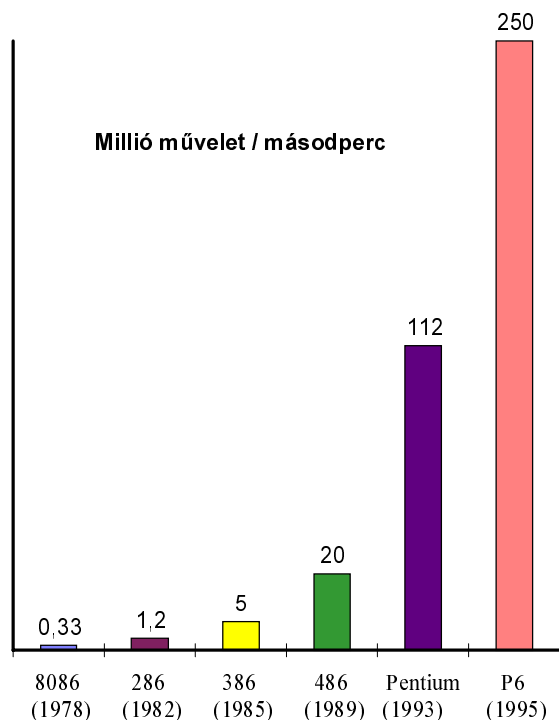
A hídeszakadások, kazánrobbanások okainak feltárása igen nagymértékben hozzájárult az anyagtudomány, anyagvizsgálat, a tervezési módszerek, a szilárdsági számítások - és ezzel a szilárdságtan - fejlődéséhez.

A XX. század műszaki fejlődésének hajtóereje a század 70-es éveiiig 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.



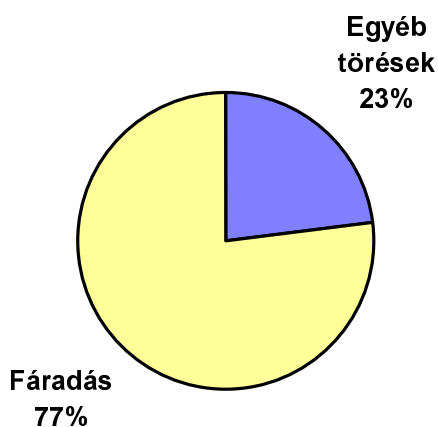
3. ábra. Az Intel processzorok az műveleti sebességének változása az 1978-95-es periódusban

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

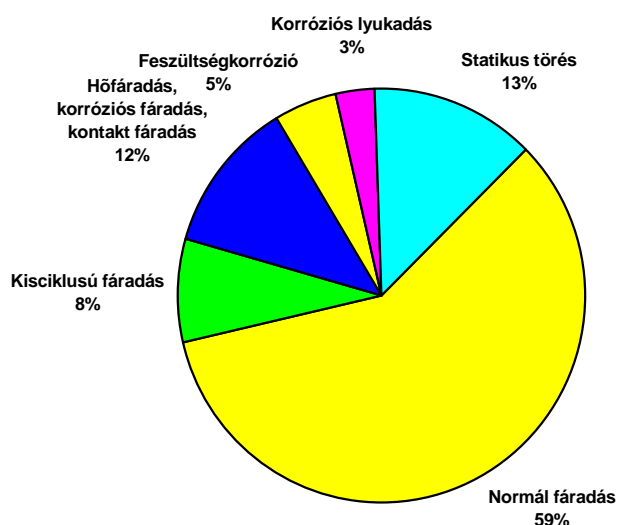
² SHIN-ICHI NISHIDA: Failure Analysis in Engineering Applications. Butter-worth. 1990. 215 p.

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

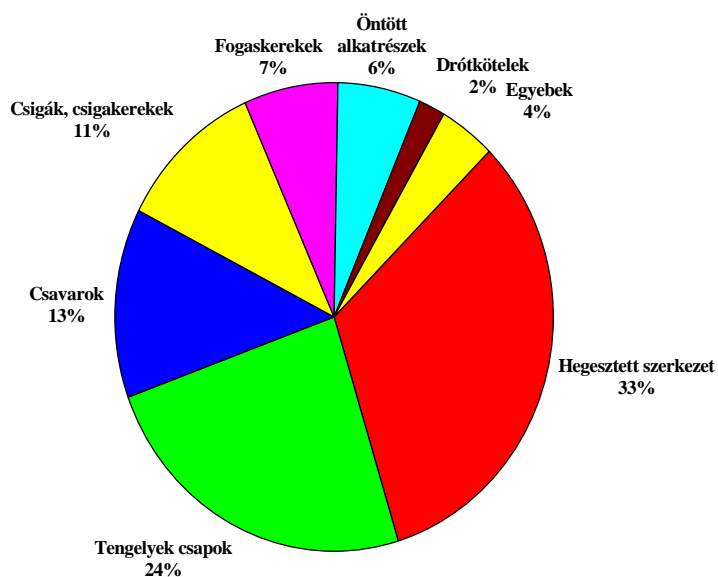


4. ábra. A kvázistatikus és ismétlődő terhelés okozta törések részaránya

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



6. ábra. A különböző szerkezeti elemek törésének gyakorisága

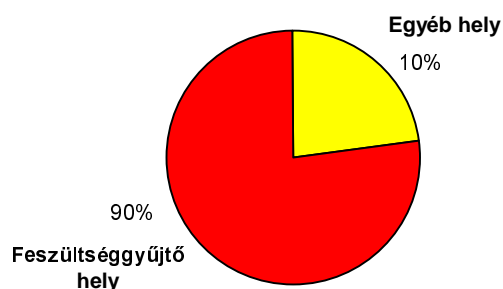


A 7. ábra a tervezés, a gyártás és az üzembeállítás jelentős szerepét hangsúlyozza a károsodások, törések alakulásában, rámutatva arra, hogy az üzemeltetés, a karbantartás és az átalakítás hatása csupán kb. 1/4 része az előzőeknek. A 8. ábrán egyértelműen kitűnik az, hogy feszültséggyűjtő helyek szerepe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

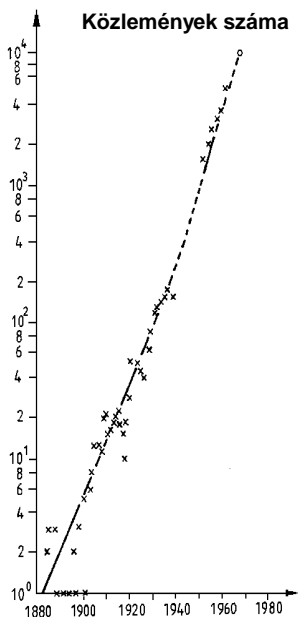
³ MANN J. Y. (1970) Bibliography on the Fatigue of Materials, Components and Structures 1838-1950. Pergamon Press, Oxford.

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 szálmának 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 téma 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 *rendszerző 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 tekintsük 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 (el döntésének fontossága)

- ridegtörés,
- kúszás,
- korrózió,
 - általános korrózió,
 - feszültségkorrózió,
- kifáradás,
- hidrogén 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,
- **keménységmérés** ➡ 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 élképzése 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.Rossmait. 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 osztva 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 |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Transportation <ul style="list-style-type: none"> aircraft-aerospace ship railway ⇒ Process equipment <ul style="list-style-type: none"> heat exchangers pressure vessels pipes and pipelines tanks auxiliary ⇒ Rotating equipment <ul style="list-style-type: none"> shaft blades, disks and rotors impeller ⇒ Miscellaneous <ul style="list-style-type: none"> valve biomedical structure springs tools fastener electrical equipment ⇒ Model <ul style="list-style-type: none"> laboratory model calculated model | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Steel <ul style="list-style-type: none"> structural steel engineering steel heat, creep resistant and stainless steel tool steel cast steel ⇒ Cast iron <ul style="list-style-type: none"> white cast iron graphite cast iron cast iron alloy annealed cast-iron ⇒ Aluminium <ul style="list-style-type: none"> aluminium ductile aluminium alloy tempering aluminium alloy cast aluminium | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Fatigue <ul style="list-style-type: none"> low cycle fatigue high cycle fatigue ⇒ Creep <ul style="list-style-type: none"> Creep ⇒ Corrosion <ul style="list-style-type: none"> Stress corrosion Chemical corrosion Caustic corrosion Chelant corrosion Hydrogen damage Corrosion-Fatigue Cracking ⇒ Birth defect <ul style="list-style-type: none"> Surface cracks Inclusions Incorrect material Incorrect process ⇒ Overload <ul style="list-style-type: none"> Thermal overload Mechanical overload Dinamical overload Incorrect 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

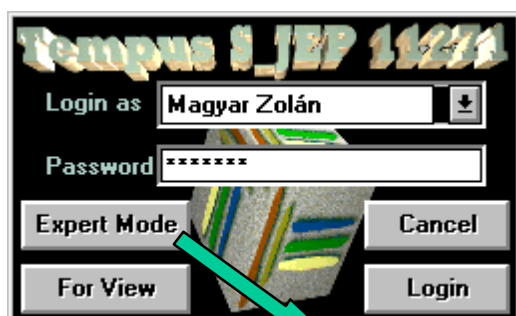
Nagy méretű dokumentumok esetén a leírt megjelenítési módszer kényelmetlenül lassú lehet, ezért a program a kész dokumentum oldalainak képét tömörített formában tárolja. Ez az adatbázis méretének kismértékű növekedésével jár, ennek ellenére a végleges dokumentum kialakítása után célszerű ezt a tárolási 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.

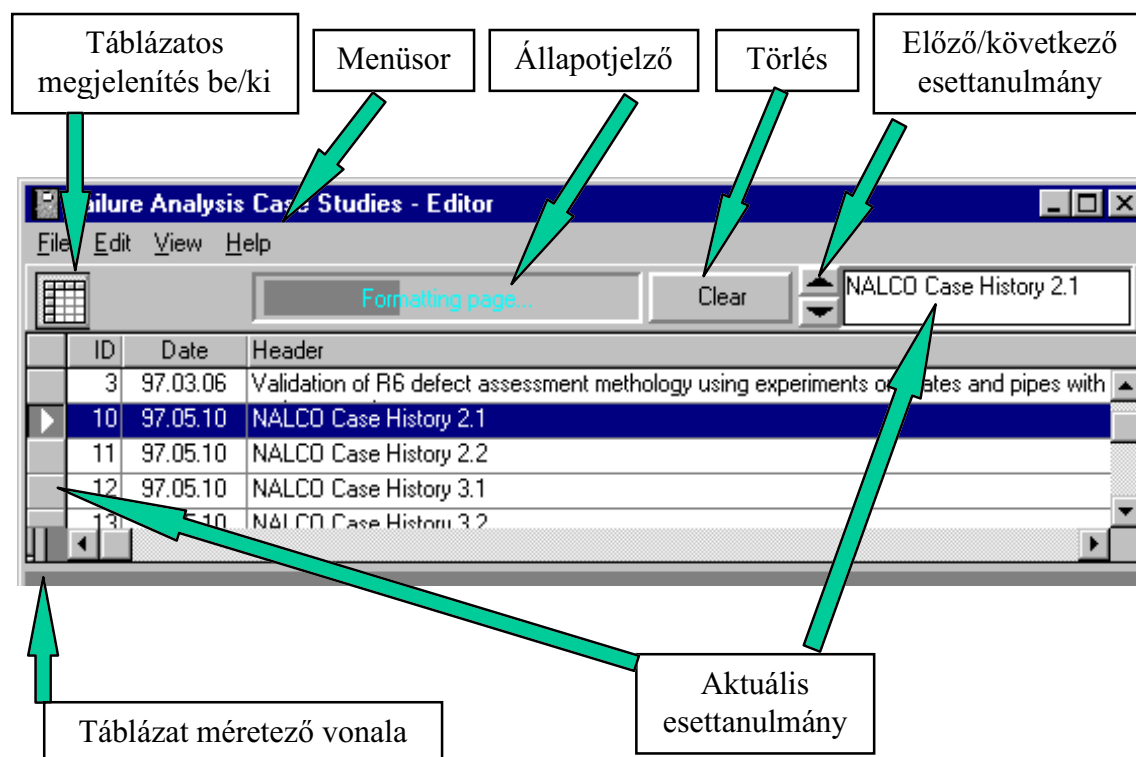
³ Az ebben a formátumban el nem mentett esettanulmányok megtekintése csak a szerkesztést végző FacsEdit programmal lehetséges.

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

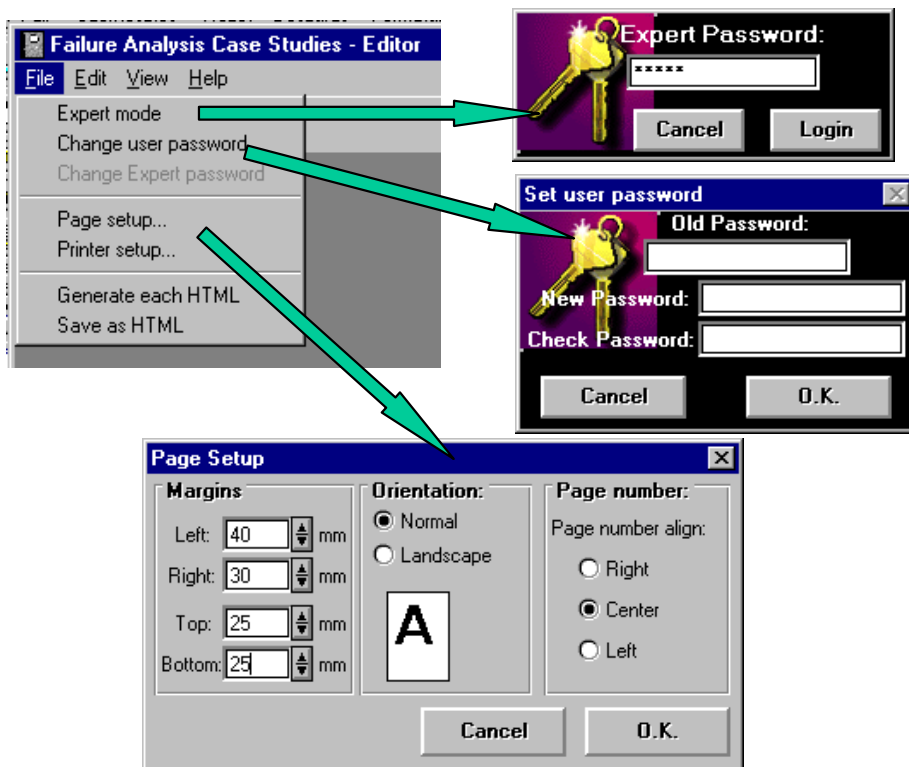
Ezeknek a gomboknak a segítségével lapozhatunk az előző illetve a következő esettanulmányra.

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.

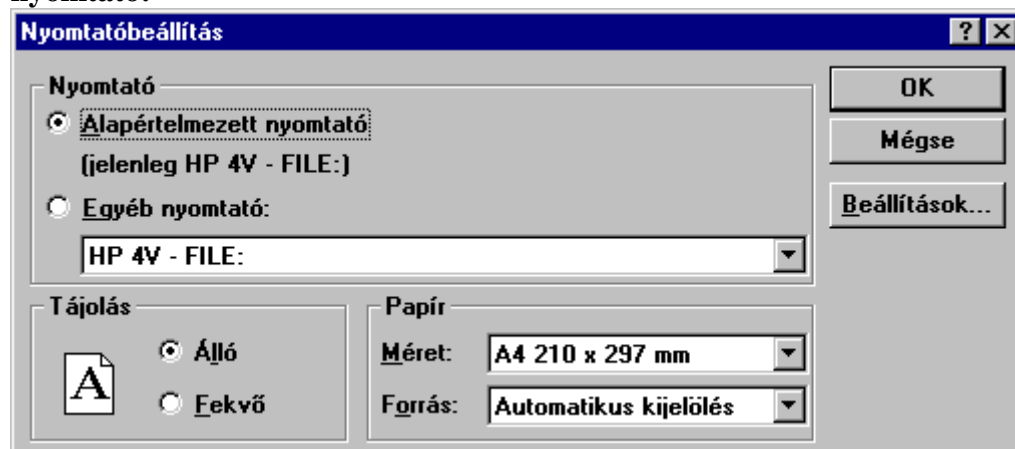
A harmadik keretben a többoldalas dokumentumok esetén alkalmazott lapszámozás helyzetét állíthatjuk.

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

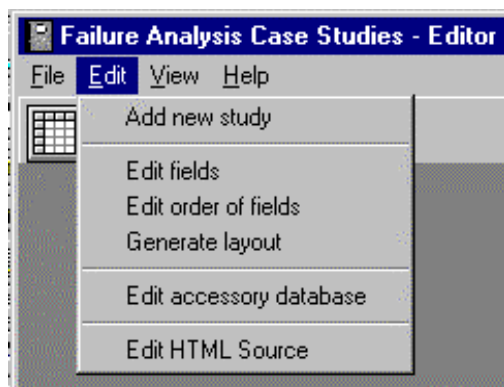
A menüpont meghívása esetén az adatbázisban lévő minden egyes esettanulmányhoz létrehozza a program az Interneten történő publikáláshoz szükséges HTML scriptet. Ezeket a program \HTML könyvtárában helyezi el.

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

Edit database fields - Case Study #3

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

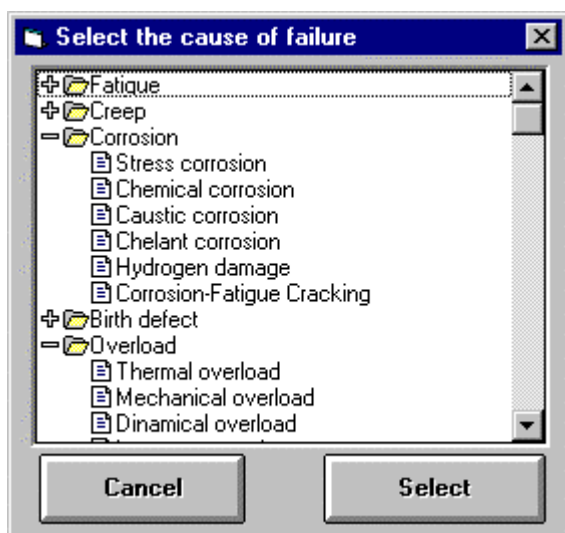
csoportra bontva tekinthetők meg. Ezek a csoportok sorra a kulcsszavak, az alap mezők, az elvégzett vizsgálatok, a jegyzetek, a táblázatok és a képek.

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 csatlakozhat az esettanulmányhoz, illetve a keresés sikertelensége esetén az ablak a **'Cancel'** gombbal bezárható.

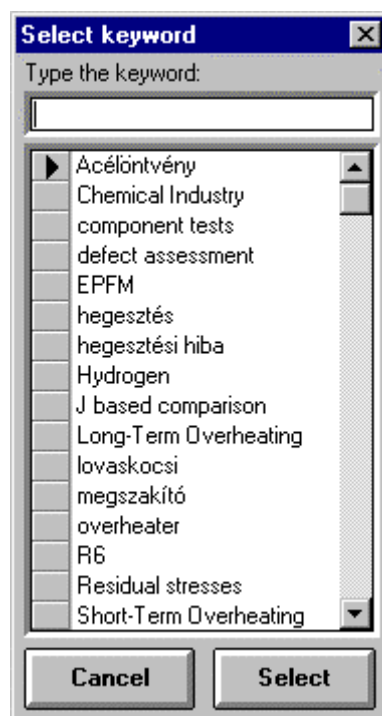
A jobb alsó sarokban lévő mezőben az esettanulmány forrása adható meg, a felette lévő legördülő listából pedig a nyelvezete választható ki.

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 [v] 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.

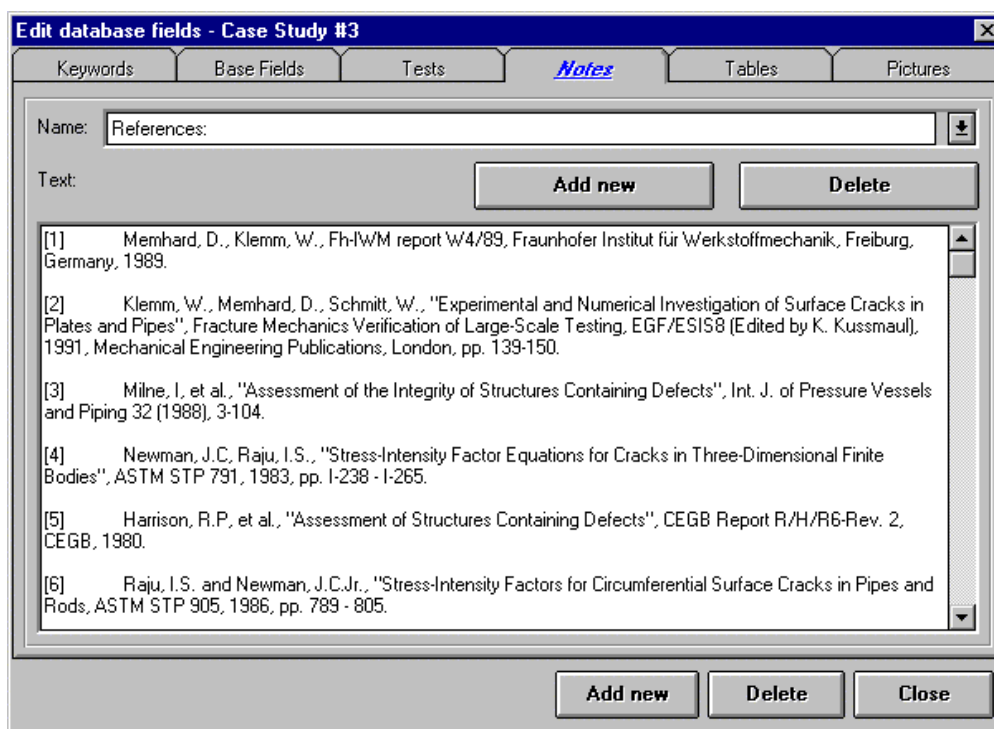
Táblázatok - az esettanulmányok opcionálisan tartalmazhatnak táblázatokat is (pl. vegyelemzés eredményeinek összefoglalása). Ezek a táblázatok adhatók meg ezen a lapon (13. ábra). Egy esettanulmányhoz tetszőleges számú táblázat tartozhat. A táblázatok maximálisan 15 oszlopot és korlátlan számú sort tartalmazhatnak.

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.

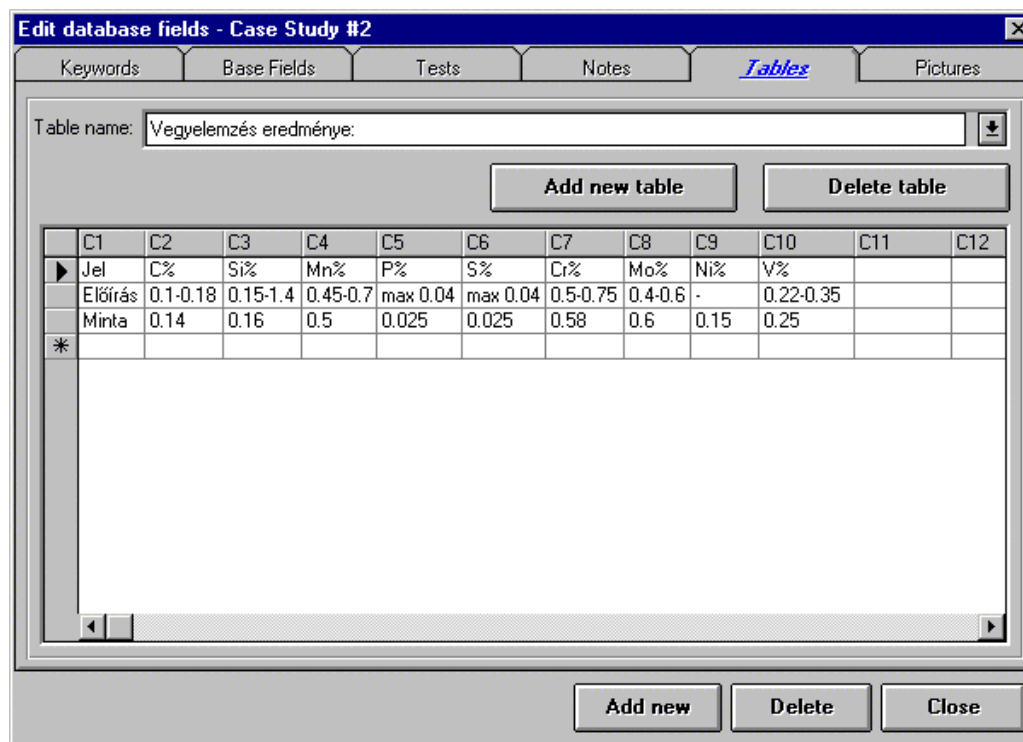
A tábla elemeinek megadása a lap alján található táblázatban történik. Az egyes cellák tetszés szerint feltölthetők. Új sor létrehozása a legalsó, **'*'**-al jelölt sor

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

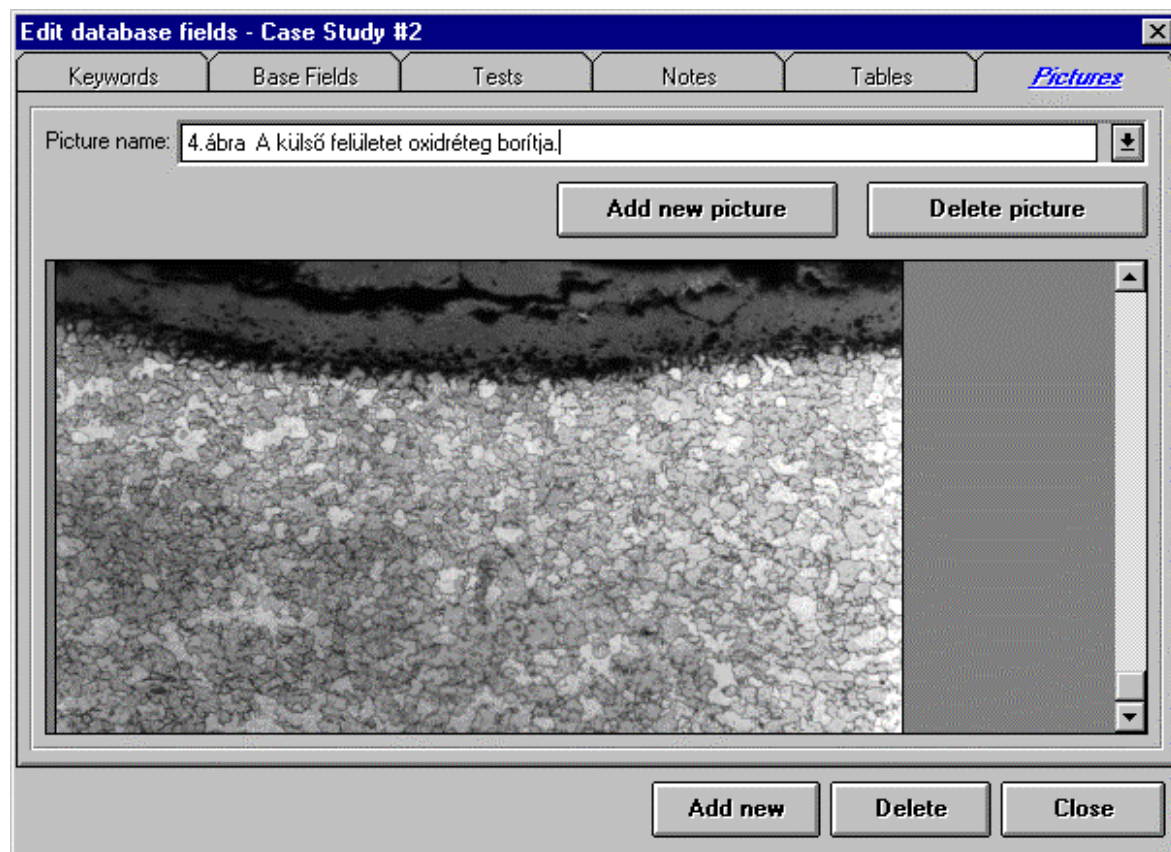
Táblázatok létrehozása a **'Tables'** lapon

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.

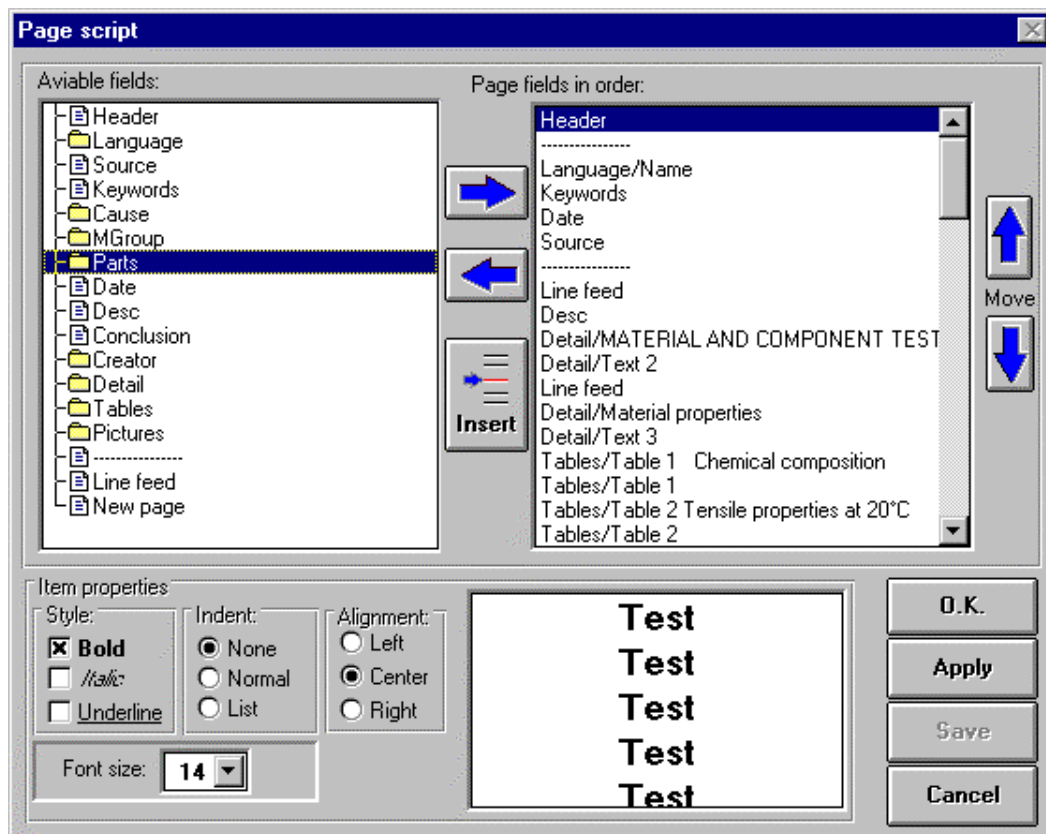
Az '*O.K.*' gomb bezárja az ablakot és eltárolja a kialakított sorrendet. A '*Cancel*' gomb az adatok tárolása nélkül zárja be az ablakot.

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.

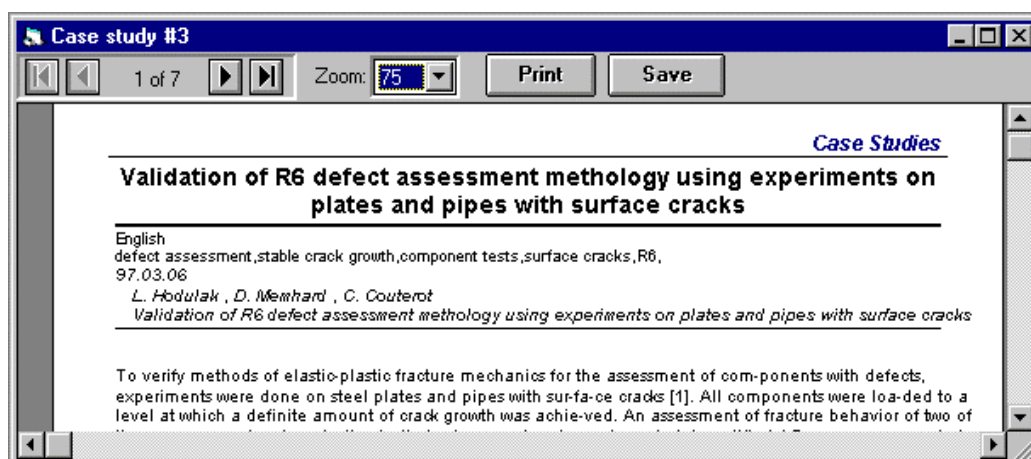


15. ábra

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

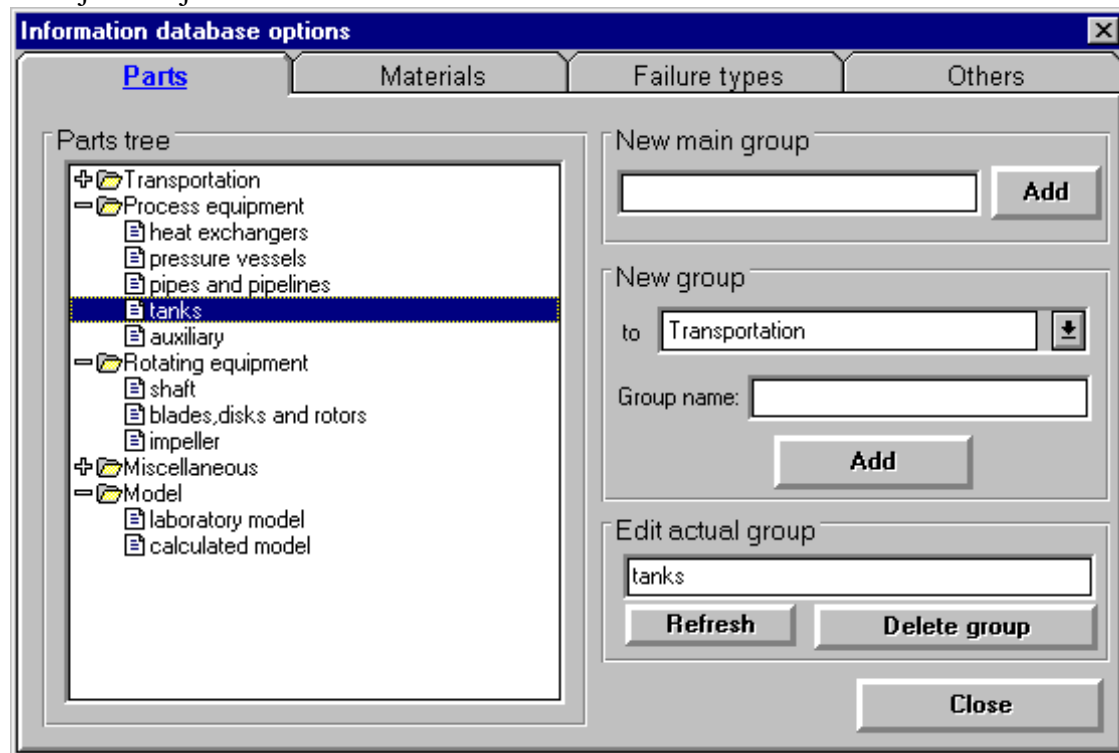
Az esettanulmány nyomtatási képe

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

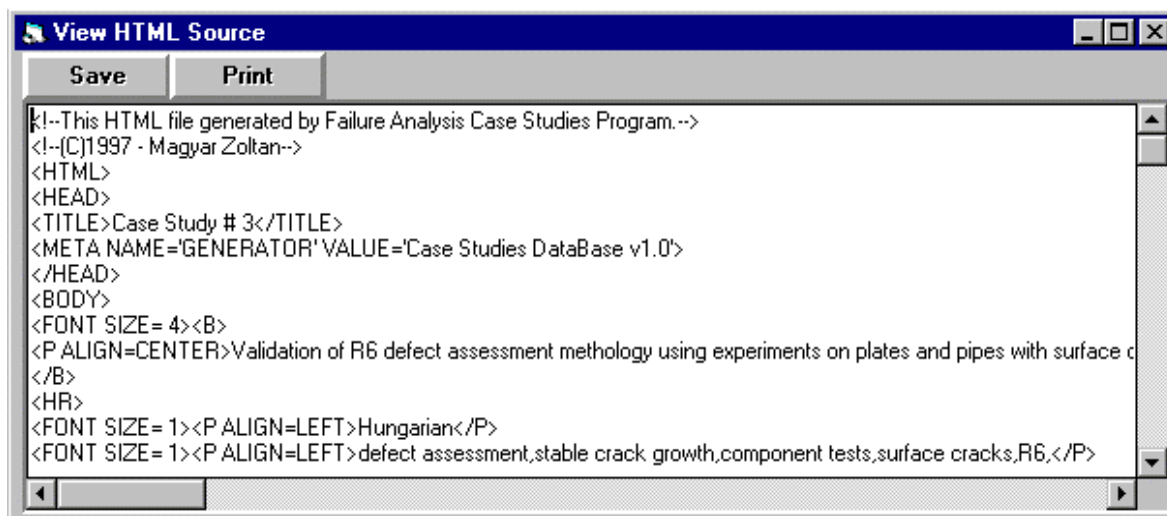
Ennek a menüpontnak a hatására a program létrehozza az aktuális esettanulmány Interneten történő publikáláshoz szükséges HTML nyelvű leírását és szerkesztésre megjeleníti azt (19. ábra).

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.

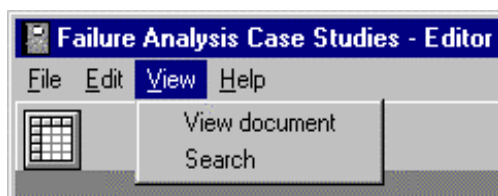


19. ábra

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

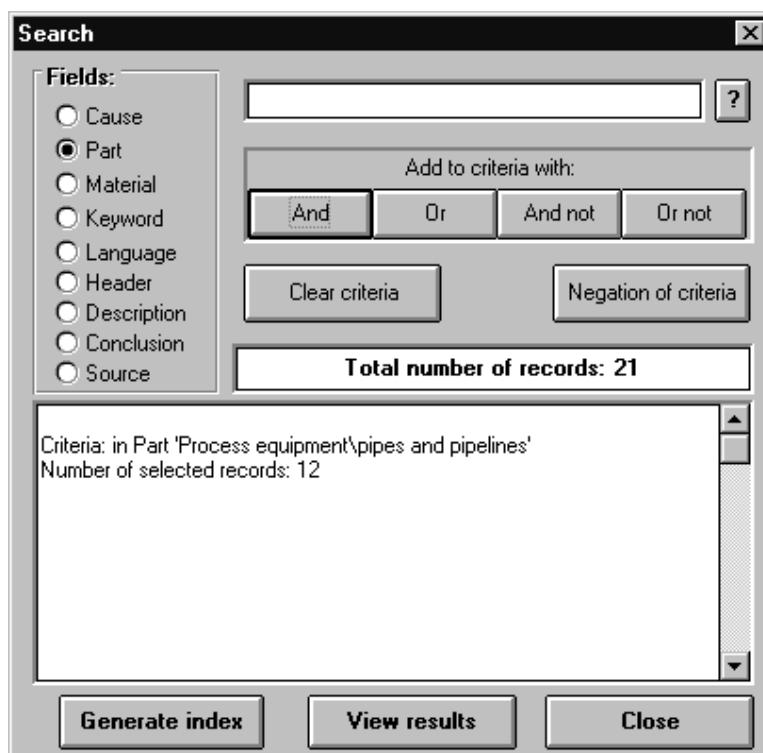
logikai műveletekkel kapcsolhatunk össze. Az ablak megjelenésekor a kritérium üres, illetve bármikor törölhető a **‘Clear criteria’** feliratú gombbal. Az első kritérium hozzáadásánál lényegtelen, hogy a négy logikai művelet közül melyiket használjuk.

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.

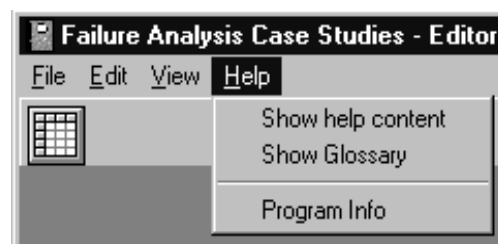


20. ábra
A keresést végző
ablak

4.3.6 A Help menü

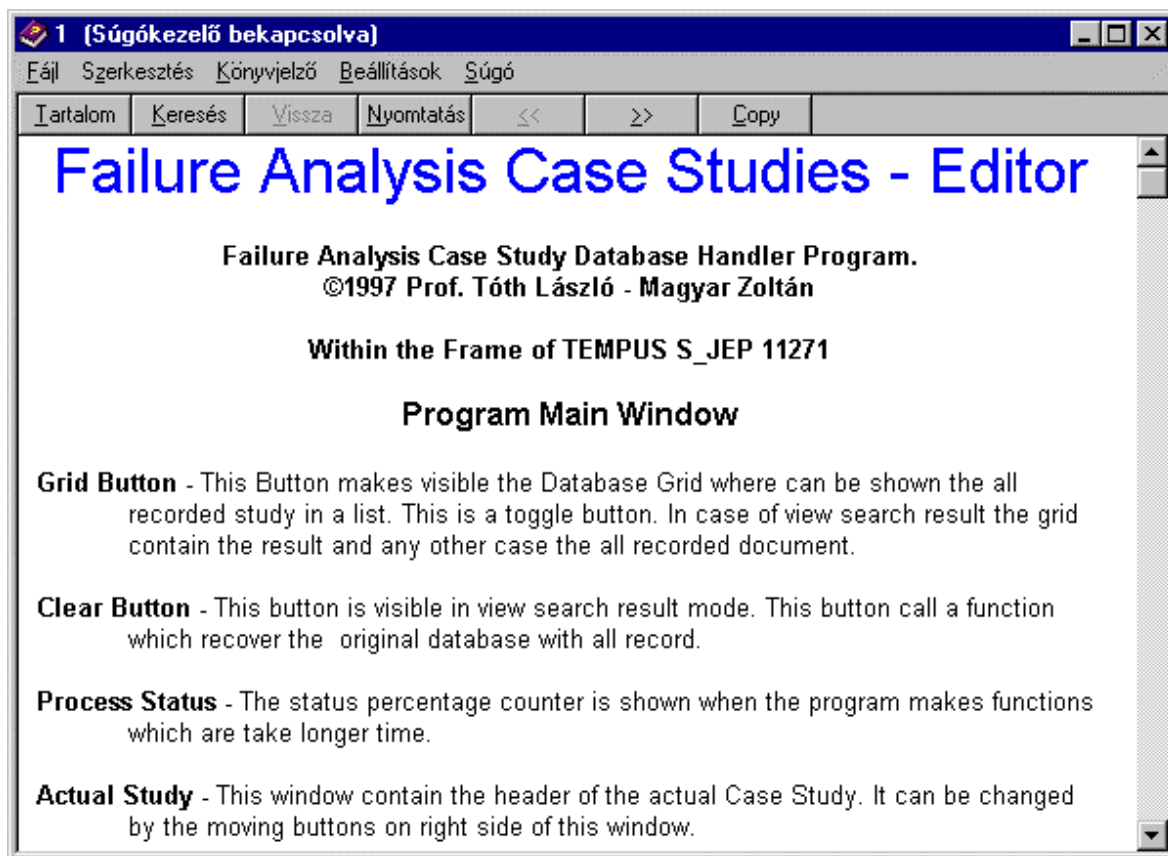
A menü pontjaival (21. ábra) elérhető funkciók a program kezelésével kapcsolatos információkat és segítséget szolgáltatnak.

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.

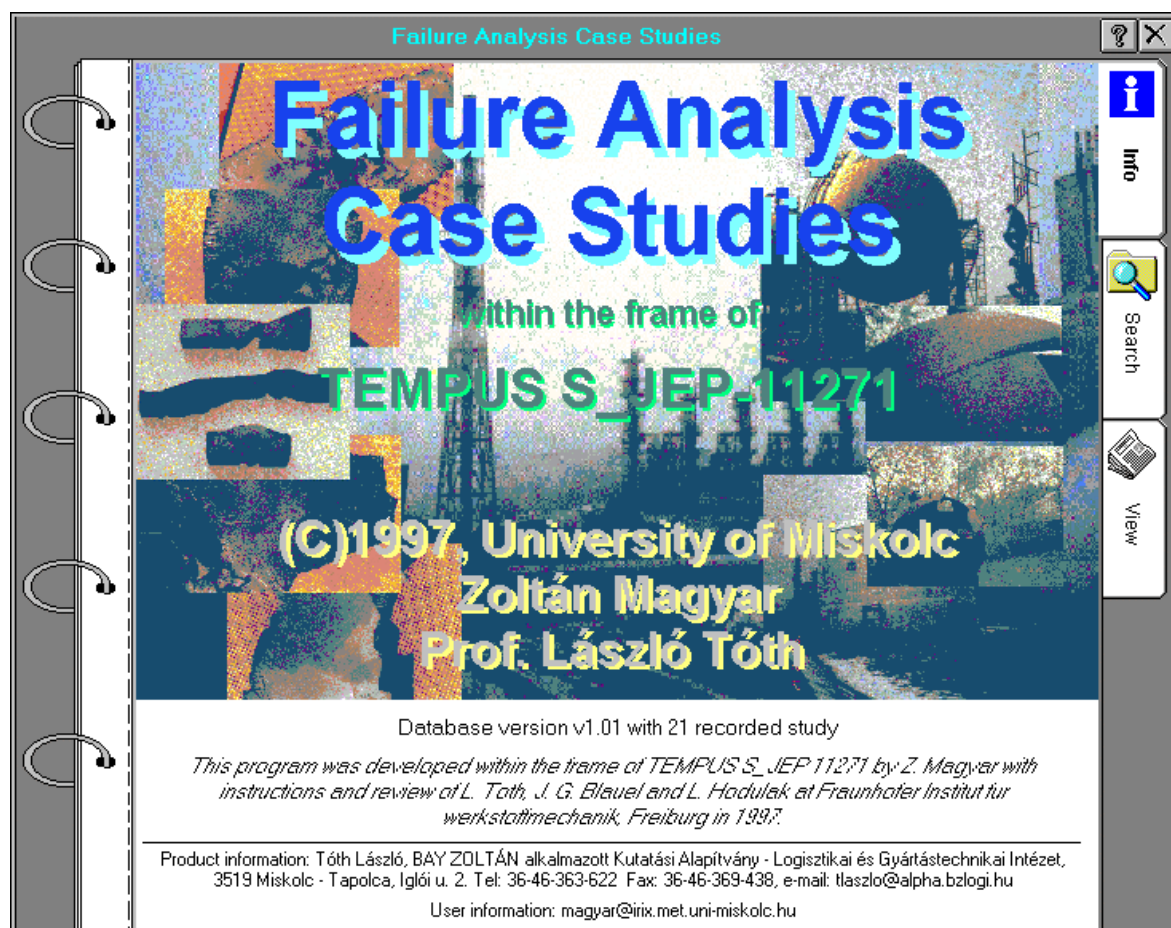
4.4. Az esettanulmányok megjelenítését végző program

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.

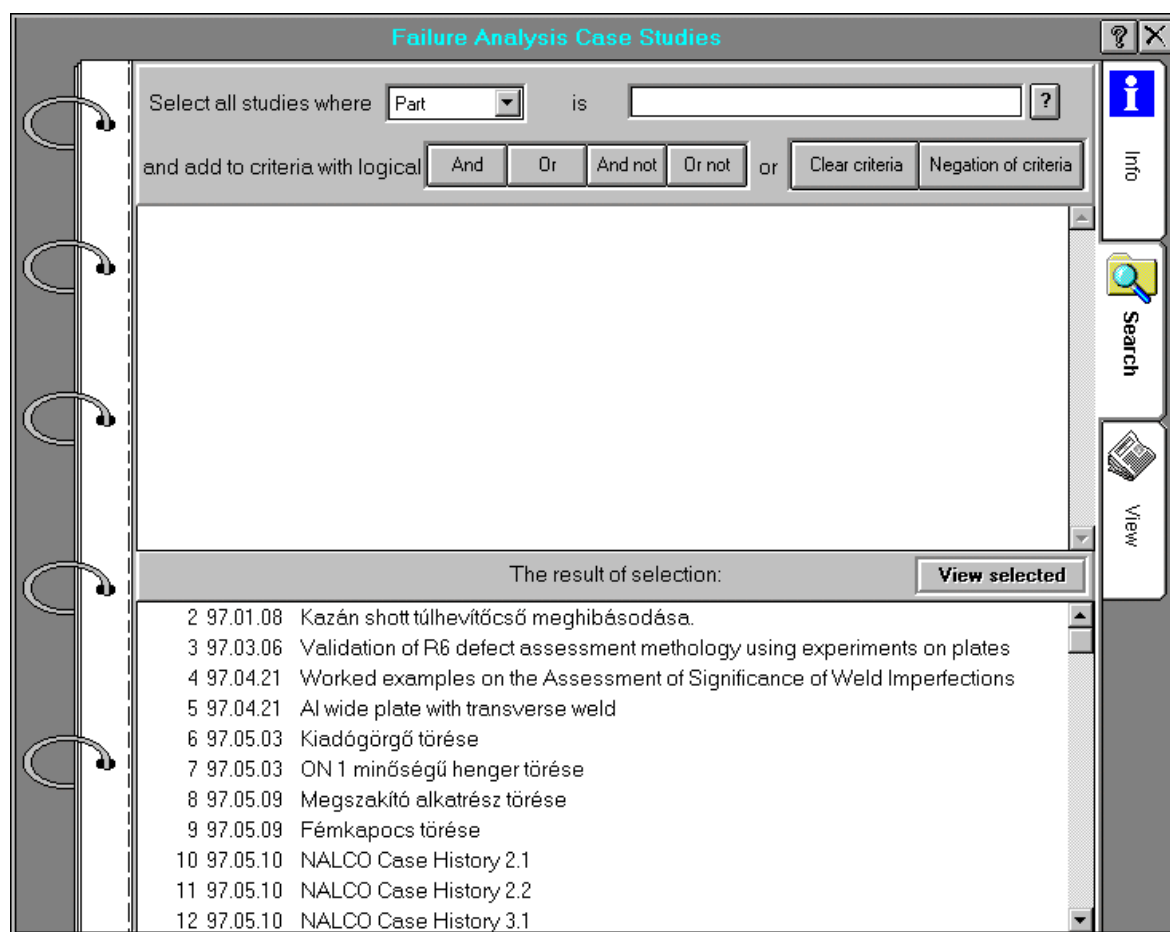


23. ábra
A program információs lapja

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.

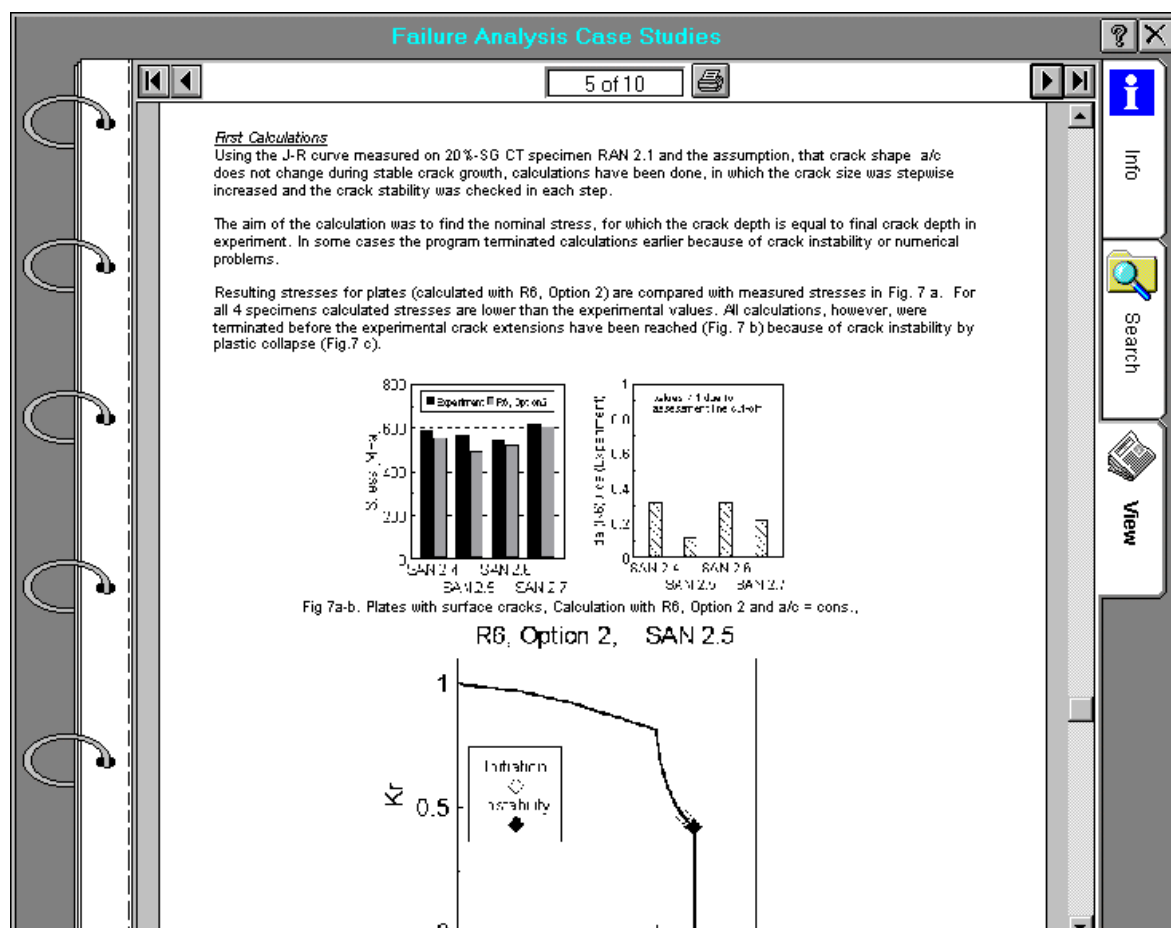
A felső sorban lévő nyomtatót ábrázoló gombbal a dokumentum oldalait nyomtathatjuk ki.

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 nyomtatásra. 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 kívájná 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 | Fúrós csőoszlop 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 hasadási 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 kiállító 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 csökulcs 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 papírtekerics-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 | Légikaraból 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 kísérlettel meghatározva | 1996 | 227 | 3 | 3 |
| R. G. Bagerly | Nagyszilárdságú keréksavak 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 | Sajátlagosságok 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 völgyhidjának 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 feszültségmérése és hibaelemzése | 1998 | 79 | 5 | 2 |
| T.F. Rütli, 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 légiszerencsétlenség | 1998 | 261 | 5 | 4 |
| J. Vogwell | Egy tönkrement jármű tengely analízise | 1998 | 271 | 5 | 4 |
| J.W. Bull, C.H. Woodford | Fel szállópálya 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 | Tüzhorganyzott nagy szakítószilárdságú huzal hidrogén elridegedéses tönkremenetele | 1999 | 253 | 6 | 4 |
| G. Das, A.N. Sinha, S.K. Mishra Pathak, D.K. Bhattacharya | Centrifugális szivattyú előtétengelyének hibaanalízise | 1999 | 267 | 6 | 4 |
| M.K. Rahman, M.M. Hossain, S.S. Rahman | Mintaszerszám csapfúró túlélés-bebecslése: integrált statikus és fáradásos elemzés | 1999 | 277 | 6 | 5 |
| M.J. Knight, F.P. Brennan | Fúrószárnehezék 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 drillstring 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. Kasiviswanatan, 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: | |