

Anyagok alakváltozással és töréssel szembeni ellenállása

Спротивленіє матеріалів деформуванню і руйнуванню

A Naukova Dumka (Kiev) kiadó gondozásában V. T. Troshhenko akadémikus szerkesztésében 1994. évben látott napvilágot a szerkezetek üzemeltetéséhez, felülvizsgálatához kapcsolódó ismereteket magába foglaló első, igazán átfogó munka. A két kötetben, kézikönyv formában mintegy 944 oldal terjedelemben áttekintett területek közvetlen gyakorlati alkalmazhatóságára következtetni lehet a főbb fejezetek címeiből. Ezek a következők:

I. Feszültségek és alakváltozások, szerkezeti anyagok és üzemeltetési feltételek.

II. A reális anyagok hibái

III. Állapotegyenletek és törési modellek.

E három nagy egységet a szerzők további, összesen 13 fejezetre és azon belül is alfejezetekre bontották. Jelen ismertetést író nehéz helyzetben van, hisz ha csupán az egyes főbb- és alfejezetek címeit sorolnám fel, akkor is néhány oldalnyi kellene írnom anélkül, hogy a saját véleményemnek hangot adnék. Mégis úgy ítélem, hogy a tartalomra röviden utaló főbb fejezetekről, azok íróiról adnom kell egy áttekintést, hisz ezeket látva a különböző szakmai területeken jártas olvasó már jó biztonsággal következtetni tud a részletekre is.

Az első, 120 oldal terjedelmű fejezetben, annak összeállítója V. T. Troshhenko hat témakört érint. Áttekintést ad az anyagvizsgálati módszerekről (szakító-, nyomó-, hajlító- és csavaróvizsgálat, ill. keménységmérés), a kontinuummechanika alapjairól (feszültségek, alakváltozások, azok kapcsolata a legkülönbözőbb anyagegyenletek esetén a kontinuummechanikában alkalmazott potenciál-elméletekről, a képlekenységtan alapjairól), az anizotróp anyagok sajátosságairól, a feszültséggyűjtő helyek környezetében kialakuló feszültségek számítási lehetőségeiről rugalmas, ill. rugalmas-képlekeny anyagegyenlet figyelembevételével. Külön alfejezet foglalkozik a határállapotok jellemzésére használt elméleti rendszerező összefoglalásával repedést tartalmazó és repedést nem tartalmazó testek esetén.

A második nagy fejezet a szerkezeti anyagokat foglalja össze 103 oldalnyi terjedelemben. A szerző V. T. Troshhenko igen logikus rendszerben előbb a különböző üzemeltetési feltételek szempontjából lényeges szilárdsági tulajdonságokat tekinti át (alacsony, ill. növelt hőmérséklet, a felületi réteg szerepe a lokális károsodások tekintetében, az üzemeltetési és gyártástechnológiai szempont szerinti érzékenységet, annak kritériumait, a tulajdonságok üzemeltetés közbeni stabilitásának kérdéseit, az előírt anyagtulajdonságok biztosíthatóságát, reprodukálhatóságát a gyártás gazdaságosságát majd a felhasználható technikai anyagféléseket a megszokottól eltérő következő csoportosításban: szívós anyagok és ötvözetek, kis szívósságú és rideg anyagok, műanyagok, kompozit anyagok. Ebben a csoportosításban megtalálható a műszaki gyakorlatban felhasznált összes anyagfélése, az üvegtől kezdve a legkülönbözőbb szintfémeken keresztül a fémekig. Nekem személy szerint azért tetszik az anyagok ilyen szempont szerinti csoportosítása, mert utal az anyag „alkalmazkodóképességére” és egyben az üzemeltetés szempontjából leglényegesebb tulajdonságaira, azok vizsgálatának főbb szempontjaira. Ez utóbbi anyagcsoport, a kompozit anyagok törése alapvetően különbözik a makroszkopikusan homogénnek tekinthető többi anyagcsoporttól, így ehhez kapcsolódva röviden összefoglalásra kerülnek ezen anyagok alakváltozási és törési feltételeire vonatkozó legfőbb ismeretek.

A kézikönyv első részét a V. T. Troshhenko által összeállított 37 oldal terjedelmű fejezet zárja, amelyben a különböző jellegzetes üzemeltetési feltételek és törési esetek kerülnek összefoglalásra. A szerkezetcsoportokra orientált tárgyalásban az általános fémszerkezetek mellett a repülőgépipar és az űrhajózás, a gázturbinák, az erőművek anyagai, üzemeltetési sajátosságai kerültek kiemelésre. Külön tárgyalja az oldható és oldhatatlan kötések, erő- és teljesítmény átvitelét szolgáló csatlakozások üzemeltetésének jellegzetes problémái.

A könyv ezen részét 223 irodalmi hivatkozás felsorolása zárja.

A második rész a bevezetőben említett II. nagy fejezetével, „Az anyagok hibái”-nak taglalásával indul. Ennek első, a könyv egészét tekintve 92 oldal terjedelmű negyedik fejezetében az anyagok tulajdonságainak statisztikus jellege kerül kiemelésre L. A. Sosnovskij összeállításában. Ezen belül a fáradási, szilárdsági és alakváltozási, a keménységi, a szívóssági, törési és kúszási jellemzők mérőszámainak statisztikus jellege, azok tartománya kerül kidomborításra. Ezen eredmények ismertetése szinte kínálja az anyagok szilárdságára vonatkozó statisztikus elméletek ismer-

telését, ill. a szerkezetek megbízhatóságának valószínűségelméleti értelmezését és tárgyalását.

Az ötödik, 102 oldal terjedelmű fejezet szerzője, V. V. Pokrovskij a hibákkal, azok hatásának megítélésével foglalkozik, azokat technológiai és üzemeltetés közben keletkezőkre bontva. Elemzi a hibák feltárására használatos módszereket, azok alkalmazhatósági területeit és korlátait. A valamilyen módon feltárt hibák üzemeltethetőség feltételeire gyakorolt hatásának megítélésére kidolgozott módszereket a hibaméret (kis méretű, mikroszkopikus és nagy méretű, repedésszerű hibák) szerinti bontásban tárgyalja.

A 76 oldal terjedelmű hatodik fejezet szerzője, V. T. Troshhenko a felület állapotának, minőségének szerepével foglalkozik. Előbb áttekintést ad a felület állapotának jellemzésére használt elvekről, mérőszámokról, majd a felületi réteg jellegzetes károsodási formáit tekinti át kopás, frelling korrozio, erózió, érintkezési fáradás és a nagy hőmérsékletű gáz okozta korrozio bontásban.

A hetedik, a 41 oldal terjedelmű fejezet, amelyet L. A. Sosnovskij állított össze, az anyagtulajdonságoknak a szerkezetek, berendezések üzemeltetése közbeni stabilitásával foglalkozik. A tulajdonságok változását előidéző leggyakoribb okok közül az öregedés, a hidrogénes elrögzedés és besugárzás okozta hatásokat elemzi, kitérve az azok mértékét meghatározó paraméterek szerepére. Napjaink problémáira koncentrálna e három terület közül legrészletesebben a besugárzás okozta változásokkal foglalkozik.

Áttekintvén a szerkezeti anyagokat, az azokban levő hibákat, azok kimutathatóságát, a tulajdonságok stabilitását meghatározó feltételeket elmutatjuk a kézikönyv harmadik nagy témaköréhez az állapotegyenletekhez és a törési modellekhez.

Amennyiben mechanikailag akarjuk leírni egy rendszer szilárdsági viselkedését, úgy az állapotegyenletek felállítása nem kerülhető meg. Ennek konstruálása viszont számos buktatón keresztül vezet. Általános, minden feltételt (anyagi, üzemeltetési feltételek, ezek kölcsönhatását) magában foglaló állapotegyenlet nincs, következésképpen a meghatározott körülmények között helytálló kidolgozásra van csak lehetőség. A szerzők is ezt az alapelvet követik.

A nyolcadik, 56 oldal terjedelmű fejezetben A. Ja. Krasowsky a rövid idejű, kvázistatikus terhelésre vonatkozó anyagegyenleteket ismerteti, különös figyelmet szentelve a törés körülményeinek leírására, a törési modellekre. Ennek kapcsán a törésmechanikai anyagjellemzők, az azokat befolyásoló körülmények, valamint a törések sokféleségét leíró fizikai, mechanikai, szerkezeti és statisztikai modellek kerülnek összefoglalásra.

A kilencedik fejezetben A. Ja. Krasowsky foglalja össze a dinamikus terheléssel kapcsolatos anyagegyenleteket, törési modelleket. Elemzi a terhelési sebességnek a képlekenységi és törési tulajdonságokra gyakorolt hatását kiemelve a sebességérzékenységet determináló paramétereket. Külön rész foglalkozik a törési jellemzők meghatározásával a dinamikus terhelési feltételek esetén.

A tizedik fejezetben V. A. Strizhalo 37 oldal terjedelemben foglalja össze a hosszúidejű statikus terhelés során alkalmazható anyagegyenleteket, azok sajátosságait. Ezen ismereteket a fémekben és ötvözetekben lejátszódó kúszás, feszültségrelexáció és a törési határállapot jellemzése köré csoportosítja megadva egyrészt alkalmazható anyagegyenletek körét, másrészt rámutatva a korlátokra, bizonytalanságokra, valamint azok forrásaira.

A tizenegyedik fejezet a kisciklusú fáradás sajátosságait taglalja. A V. A. Strizhalo által összeállított 80 oldal terjedelmű részben a feszültségek és alakváltozások kapcsolata, a törések sajátosságai, az azokat egyrészt meghatározó, másrészt befolyásoló paraméterek (terhelés jellege, frekvenciája, hőmérséklet, feszültséggyűjtő hely, stb.) kerülnek először tárgyalásra. Ezt követik az élettartam becslésére kidolgozott módszerek ismertetése. Itt különös hangsúlyt kap a fáradás statisztikus jellege, valamint a növelt hőmérsékleten jelentkező kúszás figyelembevételének lehetősége, azok módszerei.

A tizenkettedik fejezet a nagyciklusú fáradásnak szenteltetett. Ebben, annak szerzője V. T. Troshhenko egyrészt az alapismereteket, a fáradás statisztikus jellegét emeli ki, másrészt rámutat a technológiai eredetű, az üzemeltetésre jellemző feszültségek szerepére. A károsodás jellemzésére használt modellek mellett ismerteti a fáradási folyamat leírására javasolt mechanikai – az elnyelt energián –, a halmazódott képlekeny alakváltozáson nyugvó elképzeléseket.

A könyv utolsó, tizenharmadik fejezetében az összetett terhelés mellett bekövetkező alakváltozások, törések tárgyalására alkalmazható módszerek kerülnek összefoglalásra. E témakörben mindjárt az összetett terhelések csoportosítása jelenthet problémát. A szerző V. T. Troshhenko a 19 oldalnyi terjedelmű részben a „több-komponensű” és „több-paraméteres” terheléseket különböztet meg. Ez igen logikus, hisz az első csoportban tárgyalhatók a „kétfrekvenciás” (pl. a repülés jellegzetes terhelése, amikor egy kisciklusú alacsony frekvenciájú terhelésre egy nagyfrekvenciájú rezgés szuperponálódik, de más példa is felhozható lenne), a hosszúidejű statikus és az erre szuperponálódó izotermikus ciklikus terhelés stb. A második csoportba a nem izotermikus kis- és nagyciklusú fáradás sorolható. Ezen terhelések során végbemenő károsodások vizsgálata, azok leírása e rövid fejezet célkitűzése.

Ezen második kötetet is igen bőséges irodalmi hivatkozás – 548 db – zárja le.

Némi jártassággal rendelkezvén a szakirodalom ezen területén azt mondhatom, hogy Troshhenko akadémikus vezetésével összeállított könyv az elsők egyike, amely szisztematikusan arra törekedett, hogy az üzemelő szerkezetek állapotának megítéléséhez kapcsolatos ismereteket csokorba gyűjtve és rendszerezve tárja az olvasó elé. Ez mindenképpen hihetetlen nagy érdeme a könyvnek és egyben tükrözi azt a törekvést, ill. azt a munkát, amit a kиеvi Institut Problem Prochnosti folytat immáron hosszú ideje. A könyv értékét talán méltóképpen azzal lehet jellemezni, hogy az orosz nyelvű kiadást igen valószínűleg az angol nyelvű is követni fogja, méghozzá várhatóan az egyik legismertebb kiadó gondozásában.

Ez megítélésem szerint egyik legjellemzőbb bizonyítéka a könyv időszerűségének.

Azon kollégák, akik az orosz nyelvű változat után érdeklődnek vagy az *Intsitut Problem Prochnosti-tól közvetlenül (252014, Kiev ul. Timirjasevskay 2., Ukraina) igényeljük, vagy pedig nekem jelezzék és én a beszerzést rövid idő alatt lebonyolítom.*

Az előzőekből következően e könyvet melegen tudom ajánlani mind azoknak, akik a szerkezetek üzemeltetésével, felülvizsgálatával foglalkoznak, hisz egyrészt ismereteiket igen valószínűleg bővíthetik is, amellet, hogy konkrét kérdésekre is összefoglaló, rendszerezett válaszokat kaphatnak az üzemeltethetőség legkülönbözőbb területeiről. Megítélésem szerint a könyv tartalomjegyzéke egy igen hasznos mérnöktovábbképző tanfolyamsorozat főbb irányait is kijelöli. Ilyen jellegű képzésre pedig úgy hiszem szükség is van, hisz a nagy értékű szerkezeiteinek (hidak, nyomástartó rendszerek, vegyipari létesítmények stb.) öregedése, további üzemeltethetősége egyre erőteljesebben és tömegben jelentkezik, mivel a hazai nagyberuházások egy jól körülhatárolható, viszonylag szűk periódusban valósultak meg. Az ismereteket összefoglaló, rendszerező képzésre a nappali szakos hallgatóink oktatása kapcsán is feltétlenül gondunk kell, különösen a felsőbb évfolyamokon. Ezen hazai törekvés realizálása fogalmazódott meg a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karán meghirdetett *Szerkezetek üzemeltetése* szakirány tantervében is.

Dr. Tóth László

Visual and optical testing

Szemrevételezés és optikai vizsgálat

A *Materials Evaluation* folyóirat idén májusi számában. A *legrégibbi és a legújabb roncsolásmentes anyagvizsgálati módszer* szalagcím alatt jelent meg ismertetés az Amerikai Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Társaság (ASNT) *Non-Destructive Testing Handbook* sorozatának nyolcadik köteteként megjelent *Visual and optical testing* című könyvről. A kötetet Paul McIntire és Patric O. Moore szerkesztette.

A 370 oldal terjedelmű munka 12 fejezetre tagozódik. Az első fejezet a szemrevételezés és az optikai vizsgálatok alapjait ismerteti: fényenergia, képalkotás, fényforrások, sztohoszkópok, fluoreszcencia, valamint a fény észlelése és rögzítése. Ebben a fejezetben ismerhetjük meg a periszkópok és endoszkópok (boreszkópok és fiberszkópok) történetét, valamint a látás és a fény kapcsolatát, beleértve a látásvizsgálat követelményrendszerét. A szemrevételezés biztonságtechnikája ismerteti a lézer, az infravörös és az ultraibolya fény használatának veszélyeit a vizsgáló szemére.

A második fejezet a fény fizikáját tárgyalja, részletesen ismertetve a különféle fénymérő eszközöket.

A harmadik fejezet a szemrevételezéshez és optikai vizsgálatokhoz kapcsolódó fogalmakat tisztázza. A szemrevételezés szempontjai a tervezésnél, lehetőségei a minőségbiztosításban. A környezet és a fiziológia szerepe a szemrevételezés hatékonyságában: tisztaság, felületi kiképzés, fényintenzitás, nagytávolság, a vizsgálati személyek közötti különbségek. Itt ismerhetjük meg a hegesztések vizsgálatánál használatos etalonokat is.

A negyedik fejezet a szemrevételezés eszközeit és azok tartozékait sorolja fel: nagyítók, mikroszkópok, merev és hajlékony endoszkópok, automatizált képelemző rendszerekkel. De ez a fejezet foglalkozik a replika készítésével, a hőkrétákkal és lakkokkal, valamint a felületelőkészítéssel (csiszolás, maratás).

Az ötödik fejezet a videoendoszkópiával ismerteti meg, különösen részletesen tárgyalva a csővezetékek belső oldali vizsgálatának lehetőségeit.

A hatodik fejezet a vizsgálati eljárással foglalkozik. A gyártás és az üzemközbéli ellenőrzés során alkalmazott szemrevételezés mintavételi tervkészítése, a szemrevételezés tárgya hegesztés előtt, alatt és után. A javító hegesztések vizsgálata. Példákon keresztül ismerteti a hegesztések átvételi kritériumait erőművi kazánok, tárolótartályok és nyomástartó edények valamint csővezetékek esetén.

A hetedik fejezet a szemrevételezés és optikai vizsgálatok szabványait és előírásait tekinti át. Itt foglalkoznak az anyagvizsgáló személyzet képzésének (tanfolyami oktatás) és képesítésének (vizsgáztatás, bizonyítvány) rendszerével is.

Anyolcadik (legvaskosabb) fejezet a fémipari alkalmazásokat rendszerezi. A fémek fizikai tulajdonságaiból, a tönkremenetelüket eredményező

károsodási mechanizmusokból vezeti le a szemrevételezés lehetőségeit, feladatait.

A kilencedik fejezet a villamosenergia-termelő iparral foglalkozik. Részletesen tárgyalja a különböző fajta technológiával készített hegesztett kötések, a lehetséges hibatípusokat, várható előfordulási helyüket, helyzetüket. Az alkalmazások áttekintésekor a nyomottvizes és a forróvizes reaktortartályok, szivattyúk, szelepek és tolózárok, csavarmenetek, hengerelt és öntött gépalkatrészek szemrevételezését sok szemléletes keresztmetszeti képpel ismertetik. Itt is minden területen kitérnek a speciális képzés, képesítés követelményrendszerére.

A tizedik fejezet a gépjárműipar és a repülőgépipar területén ismerteti a vizuális vizsgálatok alkalmazásait.

Az utolsó előtti fejezet az egyéb alkalmazások címet viseli. Megismerhetjük a kerámiák, a kompozit anyagok és a mikroelektronikai alkatrészek, valamint igen részletesen az olajipar csövein és fittingjein alkalmazott csavarmenetek szemrevételezésének fortélyait. Ebben a fejezetben foglalkoznak a szemrevételezés és az egyéb roncsolásmentes vizsgálati módszerek kapcsolatával, azaz a tömörségvizsgálat (LT), a folyadékbehatolós repedésvizsgálat (LPT), a radiográfia (RT), az elektronmágneses vizsgálati módszerek (örvényáram, mikrohullámú technikák), a mágnesporos vizsgálat (MT) és az ultrahang (UT) látással kapcsolatos problémáival, valamint a fényképezéssel, mint az észlelet dokumentálási lehetőségével.

A tizenkettedik fejezet a szemrevételezéssel és az optikai vizsgálatokkal kapcsolatos fogalmak gyűjteménye, abc-rendbe szedve. A 498 szócikkből megtudjuk, hogy mi is a közellátás élességét jellemző Jaeger-szám, és mit takarnak az olyan gyakran olvasható beüvözdítések, mint: AQL, NDI, CCD, SNT-TC-1A.

Összefoglalva, az ASNT Roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek kézikönyv-sorozatának *Szemrevételezés és optikai vizsgálatok* kötete alpmunka minden roncsolásmentes vizsgálatot foglalkozó számára. A tematikus felépítés, a bőséges példaanyag és irodalmi utalás segítenek elsajátítani ezt az igen nehezen tanulható és tanítható vizsgálati módszert. Nehezen tanítható, mert sokoldalúsága miatt rengeteg tapasztalatot feltételez. A szemrevételezés nemcsak a termékvizsgálat, de az üzemelő szerkezetek vizsgálatának, és főképp a haváriákat követő oknyomozó anyagvizsgálatoknak kiinduló alapja. Hazánkban hatodik éve oktatnak mágneses-penetrációs-vizuális roncsolásmentes anyagvizsgálókat. A háromfokozatú képzés tematikája kezdettől fogva összhangban volt az MSZ-EN 473 követelményrendszerével.

Szűcs Pál