

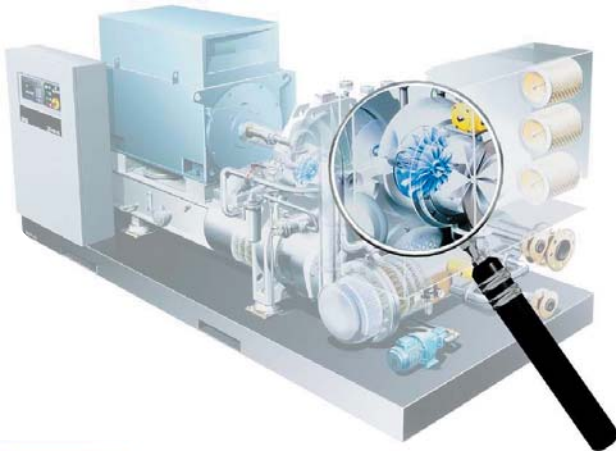




... műszaki diagnosztika felsőfokon!

# **Delta-3N Kft.**

Cégünk 1991 óta a világ vezető, az állapotfüggő karbantartáshoz nélkülözhetetlen, diagnosztikai berendezéseit forgalmazza és alkalmazza. Hivatalos képviselője, illetve viszonteladója az Azima-DLI, a CTC Connection Technology Center Inc., a CTRL Systems Inc., és a Mobius Inc. ausztrál cégeknek. Szolgáltatásokat nyújtunk a Hamar Laser Inc. tengely- és ékszíjtárcsa lézeres beállító műszereinek alkalmazásával.



Fő profilunk rezgésdiagnosztikai és gépvédelmi rendszerek tervezése, létesítése, valamint Karbantartási Tanácsadó Szolgáltatásaink keretében forgógépek távoli online és offline monitorozása. Értékesítünk rezgésmérő készülékeket, diagnosztikai, szakértői szoftvereket és rezgésmérő hardver elemeket.

A legmodernebb termovíziós technológia eszközeivel, kiváló minőségű termokamerával vállaljuk hőkamerás vizsgálatok elvégzését. Képzett szakembereink, nagy gyakorlattal rendelkeznek villamos berendezések, épületek, forgógépek állapotának meghatározásában, hibafeltárásában



***...műszaki diagnosztika felsőfokon!***

7030 Paks, Jedlik Á. u 2. Tel.: (+36 75) 510 115.  
e-mail: drnagy@delta3n.hu. web: www.delta3n.hu



# GÉP

## A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

### SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczöni Ádám

**elnök**

Vesza József

**főszerkesztő**

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

**főszerkesztő-helyettesek**

Dr. Barkóczy István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kulcsár Béla

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Rittinger János

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

### KEDVES OLVASÓ!

Körülnézve a nagyvilágban, Európában, a szomszédos országokban az tapasztalható, hogy mindenütt kialakult a termelés hatékonyságát, biztonságát alapvetően meghatározó szakmát, a karbantartást, javítást, üzemfenntartást gyakorló vezetők és szakemberek egységes nemzeti szervezete. Ezek a szervezetek évente fórumot biztosítanak az ismeretek, gondolatok, jó kezdeményezések formális és informális keretek közötti cseréjére egy átfogó nemzeti karbantartási konferencia keretében.

A Dunaújvárosi Főiskola Anyagtudományi és Gépészeti Intézete a Gépészmérnöki szakon belül a karbantartás oktatását kiemelkedő feladatának tekinti. Követve a nagy elődök kezdeményezéseit 2008-ban sikeresen megrendeztük 134 fő részvételével az első MAGYAR KARBANTARTÁSI KONFERENCIÁT. Ez a konferencia sikerrel szolgálta azt a célkitűzést, ami a karbantartási szakmát gyakorló, fejlesztő és oktató műszaki értelmiség összefogását eredményezte.

Folytatva 2008-as kezdeményezésünket a második MAGYAR KARBANTARTÁSI KONFERENCIA megrendezésére 2010. augusztus 30-31-én került sor.

A Konferenciát a Paksi Atomerőmű Zrt., a Dunaújvárosi Főiskola, az ÉMI-TÜV SÜD Kft., a Delta-3N Kft. támogatásával rendeztük meg. Abban a reményben tesszük közzé a konferencián elhangzott előadások egy részét, hogy ezzel is hozzájárultunk a legújabb kutatási irányzatok, szakmai, gyakorlati tapasztalatok és módszerek elterjesztéséhez, a magyar karbantartási tudás fejlesztéséhez.

Dunaújváros, 2011. március 30.

Dr. Szántó Jenő rektorhelyettes

MKK elnöke

A szerkesztésért felelős: Vesza József. A szerkesztőség címe: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Telefon/fax: +36-46/379-530, +36-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 202-0656, fax: 202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP folyóirat internetcíme: <http://www.gepujsag.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Tel.: (46) 379-530, e-mail: gazdasz@chello.hu.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu), faxon: 303-3440. További információ: 06 80/444-444

Egy szám ára: 1000 Ft + áfa. Dupla szám ára: 2000 Ft + áfa.

Előfizetés negyedévre: 3000 Ft + áfa, fél évre: 6000 Ft + áfa, egy évre: 12 000 Ft + áfa.

Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,  
H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343

ISSN 0016-8572

# TARTALOM

- Baksai G.; Kungl I.; Nagy I.; Pap N.:  
**E-maintenance tanácsadó rendszer felépítése és eredményei a forgógép állapotfelügyelet területén** ..... 3  
*A cikkben ismertetjük a Delta-3N Kft. által kifejlesztett, és üzemeltetett PdM & RBM tanácsadó rendszer felépítését és működését. A bevezetett rendszer komplex diagnosztikai vizsgálatok eredményeinek tárolására és együttes kiértékelésére alkalmas.*
- Baksai G.; Csete L.; Nagy I.; Pap N.; Kertay N.:  
**Állapotfüggő- és kockázatalapú karbantartást segítő rendszer felépítése** .....10  
*A cikk röviden bemutatja azokat a szoftverfejlesztéseket, melyeket az állapotfüggő- és a kockázat alapú karbantartási rendszerek információellátására dolgoztak ki. A fejlesztés elsődleges célja az volt, hogy a különböző on-line és off-line diagnosztikai eljárások által szolgáltatott eredményeket egy felügyeleti rendszerbe integrálja.*
- Deszpoth I.; Barna B.; Kundrák J.; Szűcs J.:  
**Dugattyús szivattyúk korszerűsítő felújítása** .....16  
*Szerzők a Miskolci Egyetemen kidolgozott technológiával sikeresen újítottak fel különféle dugattyús szivattyúkat. A módszer DIAMANT gyártmányú ipari öntőgyanta alkalmazásán alapszik, amellyel kopásnak ellenálló szemcsés kompozit-réteg hozható létre a kopott felületpáron.*
- Doboviczki I.:  
**Gépalapok és tartószerkezetek hatékony állapotfelmérése ODS-vizsgálattal** ..... 20  
*Az ODS, vagy mozgásmodell egy szerkezet kijelölt pontjainak mozgását vizualizálja. Bizonyos feltételek fennállása esetén hatékonyabban használható gépalapok és teherviselő szerkezetek állapotfelmérésére, mint a konkurens analízisek. A módszert a MOL is sikeresen alkalmazta.*
- Gergely M.:  
**Figyelmeztető frekvenciák megjelenése a lassú fordulátú fogaskerék hajtóművekben** ..... 25  
*A fogaskerekek csúszó kapcsolódása egy bizonyos idő eltelte után maradandó károsodást okoz, amely rezgésméréssel kimutatható. Az ún. szubharmonikus, és az ismétlődési frekvencia megjelenése komoly veszélyt jelenthet a hajtásban, különösen a lassú és az ultra-lassú fordulatszám tartományokban.*
- Izsák Gy.:  
**A mérés technika oktatásának fontossága a gépészmérnök-képzésben, különös tekintettel a karbantartási szakirányra** ..... 30  
*A Dunaiújvárosi Főiskolán minden feltétel adott a mérés technika oktatásának kiterjesztéséhez. Szerző álláspontja szerint döntő fontosságú, hogy az oktatási intézményekben a hallgatókkal megszerettség a mérés technikát és jól megtanításuk módszereinek korrekt alkalmazását. Különösen érvényes ez az elv a karbantartásra szakosodott gépészmérnökök esetében.*
- Juhász D.; Balogh A.:  
**Szakaszos hőbevitel következményeinek vizsgálata ellenállás-ponthegesztéskor** .....32  
*Szerzők összefoglalják a szakaszos hőbevitel jellemzőit ellenállás-ponthegesztés esetére, vizsgálják annak alkalmazásából származó technológiai hatásokat. Az elméleti megfontolások alapján tett megállapításokat egy feltétel nélkül hegeszthető lágyacél anyagra, valamint egy korlátozott hőbevitelt igénylő nagyszilárdságú acéltípusra kísérleti úton ellenőrzik.*
- Kertay N.:  
**On-line és helyszíni olaj- és gépállapot diagnosztikai rendszerek** ..... 38  
*Az on-line és helyszíni olajvizsgálatok iránti igény az utóbbi években világszerte gyorsan növekedett. A Tribologic Kft. - felismerve ezt a tendenciát – elérhetővé kívánja tenni ezt a korszerű technológiát a hazai felhasználók részére is.*
- Kiss G.; Odor E.:  
**Forgógép diagnosztikai eredmények és armatúra diagnosztikai program a Paksi Atomerőműben** ..... 40  
*A Paksi Atomerőműben a 2000-es évtől kezdve számos új diagnosztikai technológia, módszer és rendszer került bevezetésre. A speciális primerköri és reaktor zajdiagnosztikai technikákon kívül a forgógép- és motoros hajtású tolvár diagnosztikák jelentik a modernizálás fő útját.*
- Illés B.; Németh J.:  
**Ülőszékes libegő legnagyobb igénybevételű oszlopának statikai és dinamikai vizsgálata** .....47  
*Egy Magyarországon felállított ülőszékes libegő üzemeltetése során a tervezésből, a kivitelezésből és a karbantartásból eredő hiányosságok miatt nem várt mértékű lengések léptek fel. A libegő legnagyobb igénybevételű oszlopának statikai- és dinamikai vizsgálatával a hibák megszüntethető volt.*
- Palotás B.:  
**Számítógéppel segített javító- és felrakó hegesztés tervezés** .....51  
*A javító- és felrakó hegesztés számítógéppel segített tervezése (CAPP) a gyakorlatban magas szakutadást és nagy tapasztalatot igényel, így ha olyan számítógépi program áll a szakemberek rendelkezésére, amely ezt a tervezést segíti, az a gyakorlatban nagyon hasznos lehet. A cikk a CAPP egy javító- és felrakó hegesztést segítő variánsát mutatja be.*
- Papp T.:  
**Diagnosztikai módszerek használatának gyakorlata a Sinergy Kft. karbantartási gyakorlatában** ..... 57  
*A karbantartás korszerű szemlélete jelentősen hozzájárul az energiatermelő rendszerek hosszú távú megbízható és biztonságos működtetéséhez. A Sinergy Kft. elkötelezte magát a karbantartás korszerű szemlélete mellett, átalakítva szervezetét és folyamatosan fejlesztve a karbantartási módszereit és a kapcsolódó eszközrendszert.*
- Papp Zs. Cs.:  
**Karbantartás az irányítási rendszerekben** ..... 60  
*Az elmúlt néhány évtized során a karbantartás komoly fejlődésen, a karbantartó szervezetek jelentős változáson mentek át. Szerző saját tapasztalatait összegezve felvázolja a karbantartással szembeni fontosabb elvárásokat, a karbantartás fő feladatait, a karbantartás jelenlegi helyzetét, a változás fő irányait.*
- Pataki T.:  
**Nanoszerkezetek szakítóvizsgálatának szimulációja** ..... 64  
*Új számítógépes algoritmus készült nanoszerkezetek szakításvizsgálatainak szimulációjára. Az eszköz azért jelentős, mert a nanoszerkezetek esetében a kísérleti úton történő szakításvizsgálatok vagy nem végezhetőek el, vagy csak rendkívül nehézkesen, sok költséggel hajthatók végre.*
- Regős G.:  
**CIU<sup>2</sup>-vel a hullámok hátán – a HOERBIGER újgenerációs diagnosztikai rendszerének ismertetése** ..... 67  
*Sok üzemben a dugattyús kompresszorok a termelési folyamat kritikus gépei, amelyek váratlan meghibásodásukkal üzemegységek leállítását, ezzel jelentős pénzügyi veszteségeket okozhatnak. Megfelelő állapotfelügyeleti rendszerek (mint pl. a HOERBIGER rendszer) alkalmazásával ezen veszteségek döntő hányada megelőzhető.*
- Seregi A.:  
**Karbantartást és üzemvitelt támogató információi rendszerek - Fejlesztési megoldások és a bevezetés tapasztalatai** ..... 70  
*A modern karbantartási rendszerek fő célja a berendezések rendelkezésre állásának maximalizálása. A rendelkezésre állás azt jelenti, hogy a berendezés egy meghatározott időpontban vagy időintervallumban megfelelő módon üzemel és ellátja a szükséges funkciókat. Szerző a cikkben integrált üzemvitelt és karbantartást támogató szakértői rendszereket mutat be.*
- Szabó J. Z.:  
**Modul rendszerű rezgésdiagnosztikai próbapad fejlesztése** .....74  
*Szerző által az Óbudai Egyetemen kifejlesztett VibroShoW elnevezésű berendezés egy rezgésdiagnosztikai próbapad, amely alkalmas a forgógépek üzemeltetése során előforduló tönkremeneteli módok tanulmányozására. A próbapad oktatási feladatokon kívül igényesebb kutatási célokat is szolgálhat.*
- Szakál Z.:  
**Alak szerinti válogatás, mérettől függetlenül** ..... 79  
*Szerző egy új algoritmust dolgozott ki síkbeli alakzatok alak szerinti szétválogatására. Az algoritmus képes a különböző alakzatokat a geometriai méretüktől és bonyolultságuktól függetlenül felismerni. A módszer alkalmazását szétszerelt kötőelemek válogatásának esettanulmányán mutatja be.*
- Wolf G.:  
**Karbantartás-hatékonyság monitorozása a Paksi Atomerőműben** ..... 81  
*A Karbantartás-hatékonyság Monitorozás (KhM) elsődleges feladata az atomerőművi rendszerek és berendezések biztonsági funkciója ellátásának igazolása. Ennek gyakorlati megvalósítása speciális vállalatirányítási rendszerek megfelelő alkalmazását igényli.*
- Zsoldos F.:  
**Karbantartás a Paksi Atomerőműben** ..... 82  
*A karbantartás a nukleáris erőművek üzemeltetésének legérdekesebb feladatai közé tartozik. A karbantartási stratégia bonyolult mérnöki tevékenység, amely egyensúlyozni kénytelen a berendezések és rendszerek alul- és túlkarbantartása között. A cikk bemutatja a Paksi Atomerőmű fő karbantartási tevékenységeit.*
- Zsoldos I.; Janik J.:  
**Virtuális géphasznosulási jellemzők** ..... 84  
*Szerzők egy általuk kidolgozott modellel igazolták, hogy a Zsoldos-Janik féle számítógépes gépzemviteli szakértői rendszer üzemi alkalmazása megalapozott, objektív információkat szolgáltat a különböző típusú nagyértékű gépek tervezőinek, gyártóinak, értékesítőinek és üzemeltetőinek.*



# E-MAINTENANCE TANÁCSADÓ RENDSZER FELÉPÍTÉSE ÉS EREDMÉNYEI A FORGÓGÉP ÁLLAPOTFELÜGYELET TERÜLETÉN

## INTRODUCTION OF E-MAINTENANCE SYSTEM AND IT'S RESULTS IN THE FIELD OF MACHINE CONDITION MONITORING

Baksai Gábor\*, Kungl István\*\*, Dr. Nagy István\*\*\*, Pap Norbert\*\*\*\*

### ABSTRACT

*This article introduces the Pdm&RBM Advisory System developed and operated by Delta-3N Ltd. This system is capable of storing and evaluating results of complex diagnostic inspections. The main goal of this development was to create an opportunity for companies, who can not invest in expensive diagnostic equipments, to get information about their machines for Predictive Maintenance and Risk Based Maintenance decisions, by using it as a service*

### BEVEZETÉS

A cikkben ismertetjük a Delta-3N Kft. által kifejlesztett, és egy központi szerveren üzemeltetett Pdm&RBM tanácsadó rendszer felépítését, működését. Ez a rendszer komplex diagnosztikai vizsgálatok eredményeinek tárolására és együttes kiértékelésére alkalmas. Létrehozásának célja az volt, hogy azon piaci szereplőknek, akik nem kívánnak az állapotfelügyelet területén beruházni, lehetőségük legyen információk igénybevételére forgógépeik állapotfüggő és kockázat alapú karbantartásához; mindezt szolgáltatás, és nem beruházás keretében. Ismertetésre kerül a különböző cégeknél megvalósított szolgáltatás néhány eredménye.

### E-MAINTENANCE – ELEKTRONIKUS KARBANTARTÁS

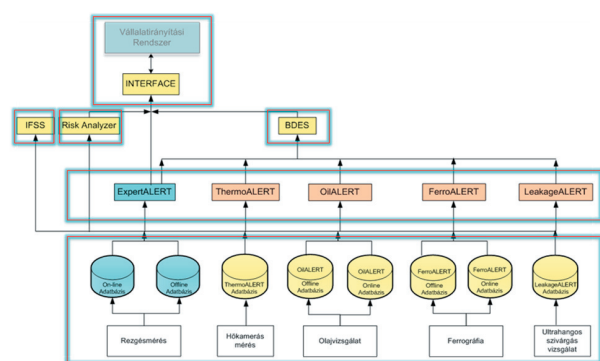
Felgyorsult digitalizált világunkban egyre nagyobb információ mennyiséggel, és folyamatosan növekvő adathalmazzal találjuk szembe magunkat. Ez igaz az élet szinte minden területére, az ételek kiválasztásától a pihentető időtöltés megválasztásáig.

\*mérés- és laborvezető, Delta-3N Kft., H-7030 Paks, Jedlik Ányos u. 2.  
\*\*informatikus, Delta-3N Kft., H-7030 Paks, Jedlik Ányos u. 2.  
\*\*\*iggyvezető, Delta-3N Kft., H-7030 Paks, Jedlik Ányos u. 2., e-mail: drnagy@delta3n.hu  
\*\*\*\*vezető diagnosztika, Delta-3N Kft., H-7030 Paks, Jedlik Ányos u. 2.

Természetesen így van ez a karbantartás területén is. A folyamatosan fejlődő műszerek, mérési technológiák, a folyamatosan növekvő tudás- és adatbázis több feladattal látja el a karbantartókat. Ezzel párhuzamosan a karbantartás menedzsmentnek is egyre több információra, statisztikára van szüksége.

Ezekhez a feladatokhoz nyújtanak segítséget a különböző karbantartást segítő rendszerek és hálózati szolgáltatások. A Delta-3N Kft által kifejlesztett PdM&RBM integrált karbantartást segítő tanácsadó rendszer egy kiemelkedő szoftvercsomag, amely alkalmas a különböző vizsgálati eredmények együttes megjelenítésére, statisztikák készítésére, a kockázat alapú karbantartási rendszer bevezetésére, valamint a vállalat irányítási rendszerrel való kommunikációra.

### PDM&RBM TANÁCSADÓ RENDSZER FELÉPÍTÉSÉNEK RÖVID BEMUTATÁSA



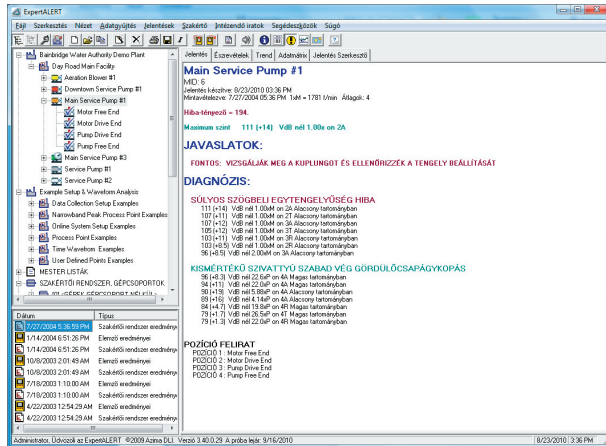
1. ábra: A kialakított szoftverrendszer vázlatja

A szoftverrendszer kifejlesztésének célja, hogy a PdM&RBM Remote szolgáltatási csomagok keretében segítséget nyújtsunk az állapotfüggő karbantartás és a kockázat alapú karbantartás bevezetéséhez, gyakorlatához. A rendszer felépítése hierarchikus szerkezetű, amely a különböző mérési és vizsgálati technológiákra, azok adatbázisaira épül. Minden mérési adatot feldolgozunk az adott technológiához tartozó szakértői szoftverben,

majd a kapott információkat különböző további feldolgozó felületeknek továbbítjuk, mint a BDES- integrált megjelenítő felület, IFSS- információs és statisztikai modul, Risk Analyzer- kockázat elemző szoftver. Végül pedig a kapott teljes eredményt interfészen keresztül a vállalati irányítási rendszerhez kapcsoljuk.

## EXPERTALERT – REZGÉSDIAGNOSZTIKAI SZOFTVER

A teljes rendszer alapvetően az ExpertALERT™ nevű rezgésdiagnosztikai szakértői szoftverre épül. Ez az egyetlen szoftver, amely más fejlesztő (AzimaDLI) technológiája.



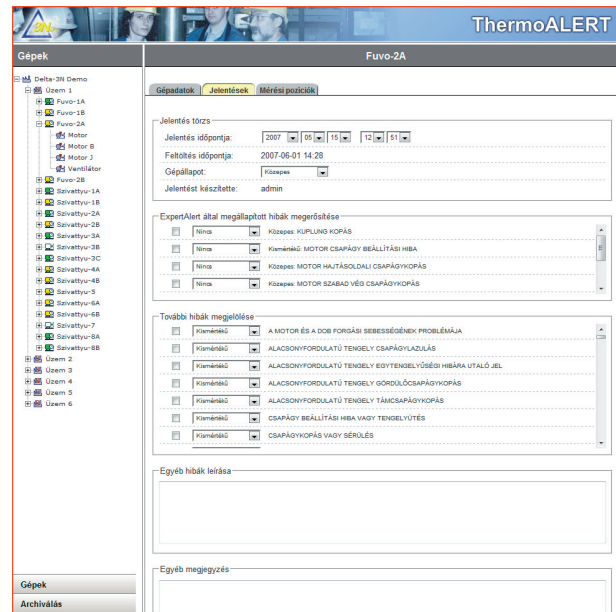
2. ábra: Az ExpertALERT szoftver jelentése

Az ExpertALERT™ szoftver egy belső szabálybázissal rendelkező, mesterséges intelligencia alapú diagnosztikai rendszer. Ennek segítségével átlátható a nagy adatmennyiség és a vizsgálatok középpontjába a berendezés állapota kerül. A szoftver képes másodpercek alatt analizálni a mérési adatokat és egy tömör jelentést készít, amely tartalmazza a gép hibáinak listáját, a hibák súlyosságát, és a javaslatot.

## THERMOALERT – TERMOGRÁFIAI KIÉRTÉKELŐ SZOFTVER

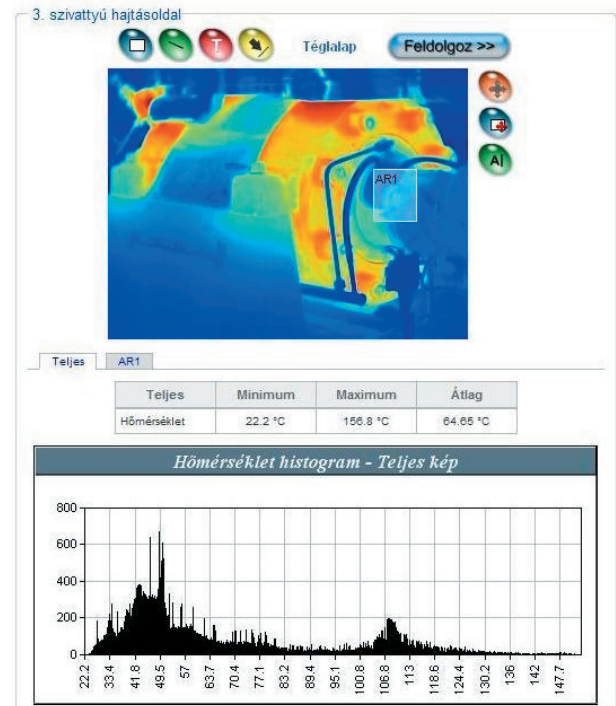
A ThermoALERT szoftver alkalmas a termográfiai felvételek elemzésére, jelentések készítésére, adatok vizsgakeresésére, illetve hőmérséklet trendek készítésére. A ThermoALERT saját önálló adatbázissal rendelkezik, ugyanakkor csatlakozik az ExpertALERT adatbázisához is. A rezgésdiagnosztikai vizsgálat által feltárt hibák megerősíthetők a termográfia segítségével. Egy automatikus jelentés készítő funkció is elérhető, melynek segítségével a hasonló termográfiai felvételek elemzése, kiértékelése gyorsabban elvégezhető.

A szoftver tartalmazza a fontosabb szerkesztési funkciókat, úgymint pont-, vonal-, terület kijelölés, min-max-átlag hőmérséklet megjelenítés, hőmérsékleti hisztogram készítés.



3. ábra: ThermoALERT-felület a hibák megállapítására

### 2. Területek és vonalak bejelölése



4. ábra: ThermoALERT-szerkesztési funkciók

A szoftver fontos funkciója még a sablon készítés, amelynek jelentősége, hogy az azonos beállítású képeken kijelölt területek, pontok hőmérséklet változása trendelhető.

## OILALERT – OLAJVIZSGÁLATI KIÉRTÉKELŐ SZOFTVER

Az OilALERT szoftver fő funkciója az olajvizsgálati eredmények strukturált tárolása, megjelenítése, belőlük



statisztikák, trendek készítése. A szoftver nem csupán tárolja az adatokat, de elemzés készítésére is lehetőség van, figyelve az esetleges határérték túllépésekre.

Időpont	Érték	Állapot
A1 tartalom (mg/kg)	<1	OK
B tartalom (mg/kg)	<1	OK
C tartalom (mg/kg)	2367	OK
D tartalom (mg/kg)	<1	OK
E tartalom (mg/kg)	<1	OK
F tartalom (mg/kg)	1129	OK
G tartalom (mg/kg)	222291	OK
H tartalom (mg/kg)	2	OK
I tartalom (mg/kg)	13,7	OK
J tartalom (mg/kg)	127	OK
K tartalom (mg/kg)	<1	OK
L tartalom (mg/kg)	2	OK
M tartalom (mg/kg)	1	OK
N tartalom (mg/kg)	779	OK
O tartalom (mg/kg)	5	OK
P tartalom (mg/kg)	11940	OK
Q tartalom (mg/kg)	4	OK
R tartalom (mg/kg)	1,86	OK
S tartalom (mg/kg)	4	OK
T tartalom (mg/kg)	<1	OK
U tartalom (mg/kg)	<1	OK
V tartalom (mg/kg)	164	OK
W tartalom (mg/kg)	6	OK
X tartalom (mg/kg)	11	OK
Y tartalom (mg/kg)	11	OK
Z tartalom (mg/kg)	11	OK

5. ábra: OilALERT-összetevők vizsgálata, határértékek

## FERROALERT – FERROGRÁFIAI KIÉRTÉKELŐ SZOFTVER

A FerroALERT tárolja a ferrográfiai vizsgálatok eredményeit és lehetőséget biztosít további vizsgálatokra, valamint jelentések készítésére. Lehetőség van a rezgésdiagnosztikai vizsgálatok által feltárt hibák megerősítésére a kopadék vizsgálat alapján. A vizsgált paraméterek trendanalízisével nyomon követhető a hibák fejlődése.

Műszaki hely: Fuvo-1A  
Mérés pozíció: Hajtómű  
Jelentés készítésének dátuma: 2007-02-20  
Szakértés (FerroALERT) időpontja: 2009-11-26 12:52  
Gép állapota a jelentés időpontjában: EXTREM  
Jelentés készítője: admin  
Jelentést módosította: admin

**DIAGNÓZIS:**  
KÖZEPES: FŐ FOGASKERÉKTÉTTEL PROBLÉMA VAGY KOPÁS (megerősített)  
KÖZEPES: HAJTÓMŰ GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS (megerősített)  
SÚLYOS: HAJTÓMŰ BEMENŐ TENGYELI HAJTÓ FOGASKERÉK PROBLÉMA (megerősített)  
EXTREM: HAJTÓMŰ BEMENŐ TENGYELI LAZULÁS VAGY HAJTÓFOGASKERÉK SÉRÜLÉS (megerősített)

**MEGJEGYZÉS:**  
A felteke oxidok jelenléte elegendően káros utal. Valószínűsíthető okok/források: nem megfelelő olaj típus, elegendően olaj film, elegendően kenőolaj mennyiség, elzáródott olaj vezeték, túlterhelés, vagy túlmelegedés. Réz kopási részecskék jelenléte mutatható ki.

**WEARCHECK JELENTÉS**

Műveleti dátum:	2007-02-10
Minimális beérkezésének időpontja:	2007-02-15
Jelentés időpontja:	2007-02-20
Olajosere történet?	NEM
Minimális szám:	10000
Referenciaszám:	536633
Min sorozám:	

**Eredmények:**

Megnevezés	Mérték	Max. méret	Elem
<b>Vasfém részecskék</b>			
Párosos kopás	4	20-50	OK
Féltete oxid	2	200-100	OK
Normál szűrőcsapás kopás	3	2-3	OK
<b>Nemvasfém részecskék</b>			
Réz	1	20-50	OK
<b>Szennyezők</b>			
Képek:			

Photo @ 400x Scap. 100

6. ábra: FerroALERT jelentés

## LEAKAGEALERT – SZIVÁRGÁS VIZSGÁLATI KIÉRTÉKELŐ SZOFTVER

A LeakageALERT feladata, hogy a forgógépekről készített szivárgásvizsgálati jelentéseket egy központi adatbázisban tárolja, és hogy ezekből statisztikákat, trendeket készítsen. A szoftver használatával lehetőség nyílik a szivárgásvizsgálatok eredményeinek összevetésére más diagnosztikai eljárásokéval.

**GYORS JELENTÉS**  
DIAGNÓZIS  
KISMÉRTÉKŰ NEM SPECIFIKÁLT HAJTÓMŰ PROBLÉMA (megerősített)

Műszaki hely: Fuvo-1B  
Mérés pozíció: testec  
Jelentés készítésének időpontja: 2009-10-10  
Szakértés időpontja: 2009-10-23 21:17  
Gép állapota a jelentés időpontjában: KÖZEPES  
Jelentés készítője: admin  
Jelentést módosította: admin

**DIAGNÓZIS:**  
KISMÉRTÉKŰ NEM SPECIFIKÁLT HAJTÓMŰ PROBLÉMA (megerősített)

**SZIVÁRGÁS MÉRÉSI EREDMÉNY**

Mérés időpontja:	2009-10-10
Mérés gép neve:	WEGO postquam700
Mérés értéke (ppm):	223
Szivárgás mértéke:	Éslehető szivárgás

7. ábra: LeakageALERT jelentés

## IFSS™ - INFORMATION & FAULT STATISTICS - INFORMÁCIÓS ÉS HIBA STATISZTIKAI SZOFTVER

Az IFSS™ (Information and Fault Statistics System) a Delta-3N Kft. által kifejlesztett web alapú szoftver, amely az egyik leghatékonyabb és leg költségkímélőbb módja annak, hogy a fontos információk eljussanak a szükséges felhasználókhöz.

**GYORS JELENTÉS**  
FONTOS: FELYELÉK A MOTORT, MEGNÖVEKEDETT A REZGÉSSZINT A SZABAD VÉG CSAPÁGYON  
FONTOS: CSERÉLÉK KI A SZIVATTYÚ CSAPÁGYAKAT, VÉGEZZÉK EL AZ OLAJCSERÉT

**DIAGNÓZIS:**

SÚLYOS: SZIVATTYÚ GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS
SÚLYOS: MOTOR SZABAD VÉG GÖRDÜLŐCSAPÁGY DEMONULÁCIÓ
KISMÉRTÉKŰ MOTOR CSAPÁGY BEÁLLÍTÁSI HIBA
KISMÉRTÉKŰ SZIVATTYÚ GÖRDÜLŐCSAPÁGY JELENTÉS DEMONULÁCIÓ
KISMÉRTÉKŰ MOTOR HAJTÓSZALDAL GÖRDÜLŐCSAPÁGY DEMONULÁCIÓ
KISMÉRTÉKŰ HÁRMUZÁSOS KÖZTENGELYVÉG HIBA

Szivattyú-4B  
Jelentés készítése: 2007/08/12 28 PM  
Műveleti dátum: 2007/08/12 28 PM 14M - 2948 fűrés Átlagok: 7

Hiba-tényező = 306  
Maximum színt 4.2 (100%) mm/s-nél 2.05x-on 1T

**JAVASLATOK:**  
FONTOS: FIGYELJÉK A MOTORT, MEGNÖVEKEDETT A REZGÉSSZINT A SZABAD VÉG CSAPÁGYON  
FONTOS: CSERÉLJÉK KI A SZIVATTYÚ CSAPÁGYAKAT, VÉGEZZÉK EL AZ OLAJCSERÉT

**DIAGNÓZIS:**  
SÚLYOS SZIVATTYÚ GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS  
2.5 (2374%) mm/s-nél 8.78xP-on 3A Alacsony tartományban  
1.6 (657%) mm/s-nél 8.78xP-on 1T Alacsony tartományban  
0.82 (2241%) mm/s-nél 3E 1xP-on 3R Magas tartományban  
0.53 (253%) mm/s-nél 4.26xP-on 3T Alacsony tartományban  
0.43 (289%) mm/s-nél 26.3xP-on 3R Magas tartományban

8. Ábra: IFSS jelentés

A felhasználók hozzáférnek az automatikus szakértői jelentésekhez, a gépek trendjeihez, valamint a rezgésadatokhoz egy hagyományos web böngészőn keresztül. A replikációs technológia segítségével az egyes kiszolgáló gépek szinkronizálhatók a központi szerveren lévő adatbázissal, így folyamatos az adatfrissítés. Az aktív szerver adatbázisa elérhető a weben keresztül, ezáltal tetszőleges számú hozzáféréssel rendelkező felhasználó kérheti le az információkat anélkül, hogy saját szoftvert kellene vásárolnia.

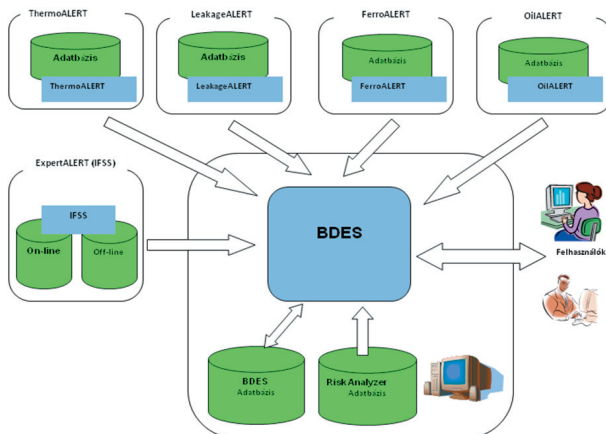
Az IFSS segítségével a központi karbantartási szervezet statisztikai elemzéseket készíthet a hibák előfordulásáról különböző módokon. Lehetőség van gép, üzem, vagy akár a teljes gyár tekintetében vizsgálni az egyes hibastatisztikákat, illetve összehasonlíthatók az adatok más gyár, csoport, vagy helyszín adataival.



9. ábra: Statisztikai modul

## DIAGNOSZTIKAI TECHNOLÓGIÁK INTEGRÁLÁSA

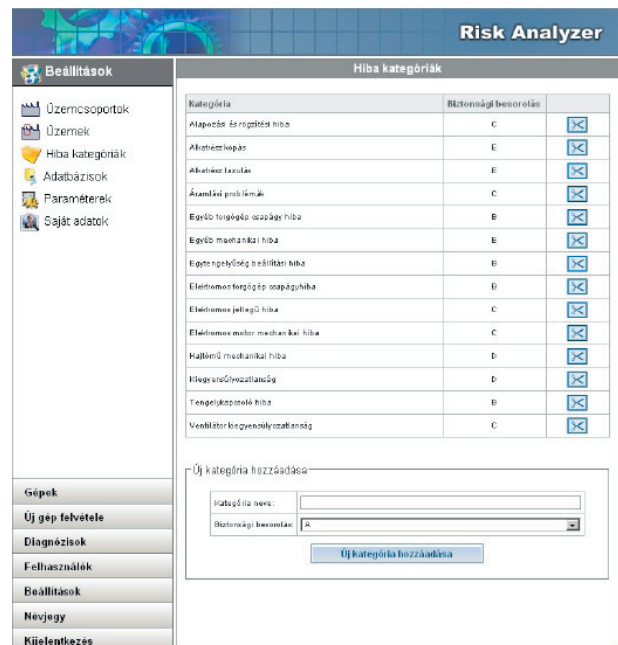
A BDES (Board of Diagnostic Expert Systems) összekapcsolja a különböző diagnosztikai rendszereket, ezáltal a legfontosabb adatok egyetlen képernyőn egyszerre tekinthetők meg integrált formában. Így teljes képet kapunk a berendezéseink tényleges állapotáról. A képernyőn a legutóbbi vizsgálat eredményének megfelelő színkóddal ellátott jelölése szerepel. A megfelelő jelre kattintva a részletes jelentések is megtekinthetők.



10. ábra: BDES kapcsolatrendszere

## RISK ANALYZER - KOCKÁZAT ELEMZŐ SZOFTVER

A Risk Analyzer szoftver komplex műszaki és gazdasági vonatkozásokat is tartalmazó információkkal segíti a karbantartási döntéshozókat. Ennek érdekében ismerni kell a hibák fejlődését, ami egy megbízható, célszerű adatbázist igényel, mely alapján az aktuális kockázati következmény bekövetkezése meghatározható. A Kockázat Alapú Karbantartás (RBM – Risk Based Maintenance) nem csak a hibák kialakulásának műszaki szempontjait veszi figyelembe, hanem azok egészségi, biztonsági, környezeti vonatkozásait, valamint a termelékenységéből adódó gazdasági következményit is.



11. ábra: Risk Analyzer kezelő felülete

A Delta-3N Kft. által kifejlesztett Risk Analyzer szoftver egy stratégiai besorolást (kockázati besorolás) készít a vizsgált forgógépekről és biztosítja, hogy ez a besorolás minden időpillanatban elérhető legyen. Használja az ExpertALERT adatbázisát, az automatikus rezgésdiagnosztikai szakértés az egyik alapkövetelménye az automatikus kockázati besorolásnak.

## PDM&RBM TANÁCSADÓ RENDSZER SEGÍTSÉGÉVEL IGÉNYBE VEHETŐ SZOLGÁLTATÁSAINK

Az általunk kínált szolgáltatási csomagok előnye, hogy akár beruházási költség nélkül megvalósítható egy gép-állapot monitorozó program beindítása.

A kiértékeléseket, és igény esetén a méréseket is szakembereink végzik el, a vizsgálatok eredményeit pedig interneten keresztül belépési azonosítóval és jelszóval védve lehet megtekinteni. Továbbá a megrendelőnek



lehetősége van a műszervásárlásra is egy hosszabbtávú karbantartási szerződés keretében.



12. ábra: E-maintenance rendszer működése

A megrendelések függvényében a megrendelő üzemében mérésre kerülnek a kijelölt berendezések. Ezek többféle módon is történhetnek;

- a megrendelő saját műszerével elvégzi az adatgyűjtést, majd az adatbázist átadja nekünk feldolgozásra. Adatbázis konvertáció után elvégezzük a kiértékelést, és az eredményeket feltesszük a szerverünkre.
- Másik lehetőség, hogy mi végezzük a méréseket a saját műszereinkkel. Igény esetén már a helyszínen tudunk előzetes diagnózist felállítani a vizsgált gépről. Ez a megoldás akkor hasznos, ha a megrendelő cégnek nincs külön diagnosztikai szakembere, műszere, és nem is kíván beruházni ilyen jellegű saját tevékenységbe.
- A harmadik lehetőség az on-line mérések elvégzése. Ez a megoldás természetesen már jár beruházási költséggel, hiszen az on-line felügyeleti rendszer kiépítése pénzbe kerül. Ezt a kiviteli megoldást általában a stratégiaileg legfontosabb berendezésekre célszerű alkalmazni.

Az on-line rendszer folyamatosan, beállított időközönként elvégzi a méréseket, az adatokat beküldi a szerverünkre, és mi ezeket feldolgozva és kiértékelve jelenítjük meg a megrendelő felületén.

Szoftvereink rugalmasak, alkalmasak különböző mérési adatbázisok kezelésére, importálhatók a különböző gyártójú termovíziós kamerák képei. Továbbá lehetőség van a jelentések testre szabására egyedi tartalom szerint is.

Alapvetően hat különböző szolgáltatási csomagot kínálunk megrendelőink részére.

1. PdM Offline Remote – Távoli offline gépállapot felügyelet  
Az alapszolgáltatás tartalma: A mérések elvégzése után a elkészítjük a szakértői kiértékeléseket, üzemeltetjük és karbantartjuk a felügyelő rendszert, valamint biztosítjuk az eredmények biztonságos elérését interneten.
2. PdM Online Remote – Távoli online gépállapot felügyelet  
Az alapszolgáltatás tartalma: Cégünk installálja a monitorozó rendszer elemeit. Elkészítjük a szakér-

tői kiértékeléseket, üzemeltetjük és karbantartjuk a felügyelő rendszert, valamint biztosítjuk az eredmények biztonságos elérését interneten.

3. IFSS Remote – Géphibák statisztikai vizsgálata  
Az alapszolgáltatásokon felül a megrendelő, a web-alapú IFSS szoftver segítségével meg tekintheti saját üzei, gépei elemzési információit és Hiba-statisztikai elemzéseket végezhet.
4. PdM Remote Complex – Komplex állapotdiagnosztikai szolgáltatás  
Ez a szolgáltatás a PdM Offline Remote és a PdM Online Remote kiegészítése. A rezgésdiagnosztikai gépállapot felügyelet mellett lehetőség van a termográfiai vizsgálatok (TermoALERT), a szivárgás detektálás (LeakageALERT), az olaj analízis (OilALERT) és a ferrográfiai vizsgálatok (FerroALERT) elvégzésére is.
5. RBM Remote – Kockázat alapú karbantartási szolgáltatás.  
Az alapszolgáltatás tartalma: Felépítjük a forgógépes kockázat alapú karbantartás kiértékelő rendszerét. Üzemeltetjük és karbantartjuk a felügyeleti rendszert, valamint elvégezzük a berendezések kockázati besorolását a megrendelő szakembereivel együttműködésével.
6. CMMS Remote Connect – Kapcsolódás vállalatirányítási rendszerekhez  
Létrehozunk egy kapcsolódási felületet a megrendelő vállalat irányítási rendszeréhez, amelynek segítségével az előállt gépállapot információk átküldhetők a karbantartás tervező modulba.

## PDM&RBM TANÁCSADÓ RENDSZER GYAKORLATI ALKALMAZÁSA



13. ábra: Durva malom

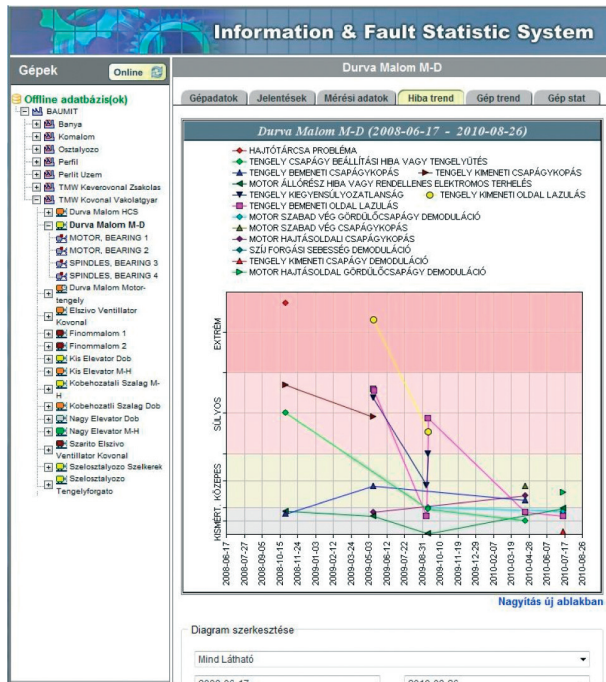
A fenti képen látható berendezés egy kötőberendezés, amely üzem közben rendkívül nagy erőhatásoknak van kitéve. A gép főbb paraméterei:

- Motor ford.sz.: 1500 1/min
- Forgó dob ford.sz.: 1060 1/min
- Forgó dob tömege: kb. 1,5 t

Jellemző meghibásodások:

- Csapágylazulás és kopás
- Kiegyensúlyozatlanság
- Szijhajtás-beállítási hiba
- Motor csapágy és villamos hibák

A darva malmon kívül még kb. harminc berendezés áll rendszeres vizsgálat alatt. Az egyes mérések eredményei, valamint a gépek aktuális állapota a megrendelő cé saját adatbázisában tekinthető meg, belépési kóddal és jelszóval védett elérhetőséggel az [ugyfelkapu.delta3n.hu/](http://ugyfelkapu.delta3n.hu/) "cégnév" weboldalon.



14. ábra: Géphibák változása a mérések során

A következő példa egy gázmotor, amely diagnosztikai szempontból szintén a különleges gépek közé tartozik. Egy villamos energia- és távhő- termelő fűtőmű egyik fő berendezése az alábbi 20 hengeres Jenbacher gázmotor, valamint a hozzá kapcsolt Leroy-Somer generátor.

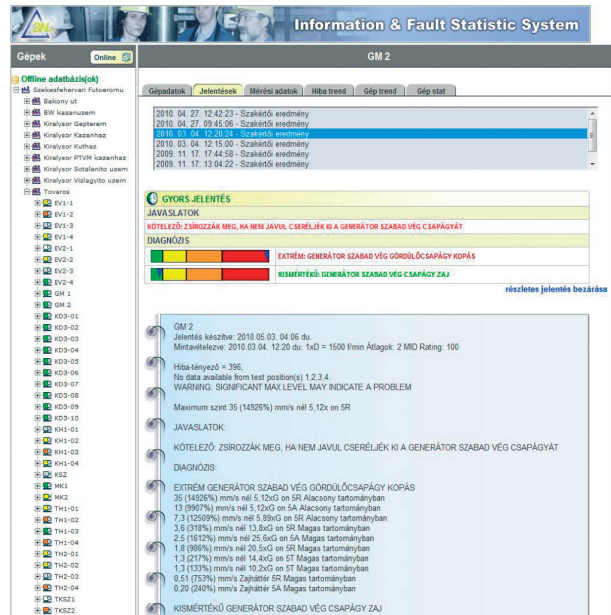


15. ábra: Gázmotor hajtotta generátor

Jellemző meghibásodások:

- Generátor csapágyhibák
- Generátor kommutátor vagy állórész hiba
- Gázmotor gyújtási hiba
- Gázmotor befecskendező időzítési hiba

Ez a berendezés, valamint még számos társa, a tulajdonos cég számára a létfontosságú berendezések közé tartozik, ezért mindig üzembiztosnak, és kielégítő állapotúnak kell lenniük. A rendszeres mérésekkel nyomon követhető ezen gépek, valamint a hozzájuk tartozó segédberendezések állapota, hiba fejlődése, várható üzemideje.



16. ábra: Berendezés állapota egy korábbi vizsgálat alapján

## ÖSSZEFOGLALÁS

A Delta-3N Kft. által fejlesztett szoftverrendszer több magyarországi gyártó-, és villamos energiaszolgáltató vállalt alkalmazza, mint karbantartás segítő- és tanácsadó szolgáltatás. Nagy előnye, hogy a megrendelő részéről nem igényel beruházási költséget, valamint rendszer felügyeletet. A szerződő feladata, hogy a kész jelentéseket olvassa, és a kapott információk alapján döntsön a további karbantartási feladatokról.

A további érdeklődőket várjuk a <http://ugyfelkapu.delta3n.hu/> weboldalunkon, ahol a teljes mintarendszerünk megtekinthető működés közben.

Felhasználó név: mkk2010

Jelszó: mkk

## SUMMARY

The software system developed by Delta-3N Ltd. is currently in use at numerous domestic manufacturing and electrical companies, as predictive maintenance



*advisory system. The advantage of this system is that, it doesn't require any investment and monitoring from the customer. The customer only has to view the reports, and based on the results make the decision about the recommended maintenance activities.*

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] DR. SÓLYOMVÁRI K.: A műszaki diagnosztika, mint az állapotfigyelés eszköze (PowerPoint előadás)
- [2] DR. GARAI T.: Távdiagnosztika internet segítségével (BME-OMIKK-Üzemfenntartás-karbantartás, 2002/4)
- [3] DR. POKORÁDI L.: Karbantartás elmélet (Debrecen, 2002)
- [4] G. D. WHITE: Introduction to Machine Vibration (ISBN 9780982051740)
- [5] DR. KÉGL T.R., SZABÓ J. Z.: Műszaki diagnosztika (Főiskolai jegyzet, Bánki Donát Főiskola. 1993, Budapest)
- [6] R. GULATI, J. KAHN, R. BALDWIN: The Professional's Guide To Maintenance And Reliability Terminology (ISBN 9780982516362)
- [7] HORTOBÁGYI T., KURUCZ B.: Forgógép diagnosztikai rendszer a MOL Rt. Finomítás területén (MOL Szakmai Tudományos Közlemények, 2003/2)
- [8] KISS G., KURUCZ B., NAGYI I., PAPP N.: Diagnosztikai Szakértői Rendszer Működésének és Konkrét Eredményeinek Ismertetése (OKAMBIK-2004 Országos Karbantartási és Munkabiztonsági Konferencia, Nyíregyháza. 2004. június 23-25.). Az előadás részletesen tárgyalja az ExpertALERT rezgésdiagnosztikai szakértői szoftver felépítését, működését

## MACH-TECH és ELECTROcom 2011

**Az ipar és a gazdaság fontos szakterületeire összpontosít a Mach-Tech és az ELECTROcom szakkiállításokat kísérő szakmai rendezvények keretprogramja**

Az egy évtizedes jubileumát ünneplő Mach-Tech Nemzetközi gépgyártás-technológiai és hegesztéstechnikai szakkiállítás, és társrendezvénye a megújult ELECTROcom Nemzetközi ipari elektronikai, kommunikáció- és elektrotechnikai szakkiállítás május 17 – 20. között, az innovációk széles kínálatával várja az érdeklődő szakembereket a HUNGEXPO Budapesti Vásárcsopontban.

Mindkét rendezvényt igen sokrétű és gazdag szakmai program kíséri, ahol az újdonságok mellett a látogatók hasznos információhoz juthatnak az ipari ágazatok jövőjéről, a váltságból kivezető lehetőségekről, innovatív megoldásokról, a pályázati lehetőségekről és a szakképzésről.

A konferenciaprogram május 17-én a MEE szakmai napjával kezdődik, melynek első állomása a nagy érdeklődésre számot tartó „**Fiatal tudósok az elektrotechnikában**” c. előadássorozat lesz. A konferenciát a „**Hobbim az elektrotechnika**” pályázat díjátadója követ. A MEE standon többek között a „Hobbim az elektrotechnika” pályázat bemutatója is megtekinthető.

Ezen a napon kerül sor a GTTSZ által szervezett előadás is, melynek témája a kormány nemzeti energiastratégiájának bemutatása. Közismert, hogy az energiahatékonyság kérdése napjaink kiemelt aktuális témája valamennyi ipari ágazatban.

A konferenciaprogramok között igazi „csemege” lesz a gyakorlatorientált szakmai előadás-sorozat, melyet a Gyártástrend szaklap szervez „**Biztonságos távmenedzsment koncepciók**” címmel. A Technika Műszaki Szemle segítségével előadásokat hallgathatnak meg a látogatók „**Költségcsökkentés és hatékonyságfejlesztés a termelésben**” témában, míg a Betec Kft. **komplex megoldásokat kínál az elektronikai termékgyártásban.**

A Gyártástrend szaklap szerkesztősége, mint a CAD/CAM/PLM szakterület elkötelezett támogatója, első alkalommal

hirdeti meg a hazai műszaki felsőoktatásban résztvevő hallgatók számára **számítógépes gépészeti tervezőversenyét**. Az esemény célja, hogy teret és lehetőséget biztosítson a jövő tervezőmérnökeinek tudásuk, innovációs készségük, kreativitásuk és alkotó fantáziájuk megméretetésére.

Május 20-án **szoftverbemutató workshop** is lesz, melyen a legjelentősebb hazai forgalmazók tartanak prezentációt legújabb fejlesztéseikről, illetve a CAD/CAM/PLM szoftverek nyújtotta tervezési lehetőségekről.

Az „A” és a „D” pavilonokban kialakított Kiállítói Fórumok is fontos helyet foglalnak el kísérő szakmai rendezvények programjában. Május 17-én a KRL Kontrol kreditpontos fóruma a „**Villamosenergia-fogyasztók meddőkompenzációja**” várja az érdeklődőket, míg a GTE „**A Jövő gyára**” mottóval fémjelzi és ismerteti az ipar legfontosabb kutatás-fejlesztési és innovációs területek eredményeit.

Előadások hangzanak el a **nemzetközi hegesztőképzésről**, a hazai szakképzésről, az ipar fejlődési irányairól, a kutatás-fejlesztés lehetőségeiről. ACCESS WELD pályázati találkozó keretében lehet „**Játszva hegesztést tanulni**”. A Vanessia Kft. a **pályázati lehetőségeket** ismerteti, a Lean Center partnerei előadásainak középpontjában a **Lean** témakör, a Lean elvek bevezetése és gyakorlati alkalmazása áll.

Az ISEL HUNGÁRIA a magyar **műszaki egyetemek** és főiskolák által megtervezett és megépített **CNC pályamunkákat** mutatja be a standján.

A Budapesti Vállalkozásfejlesztési Közalapítvány az „**Egészségipari vállalkozások**” és az új Széchenyi terv kapcsolatáról tájékoztat.

**A kísérő szakmai rendezvények részletes programját az érdeklődők a kiállítások honlapján [www.mach-tech.hu](http://www.mach-tech.hu), [www.electrosalon.hu](http://www.electrosalon.hu) találják** ugyanezen a honlapon regisztrálhatnak a jubileumi Mach-Tech és a megújult ELECTROcom kiállítások díjmentes látogatására.

Bővebb információ:

[www.mach-tech.hu](http://www.mach-tech.hu), [www.electrosalon.hu](http://www.electrosalon.hu)

# ÁLLAPOTFÜGGŐ- ÉS KOCKÁZATALAPÚ KARBANTARTÁST SEGÍTŐ RENDSZER FELÉPÍTÉSE

## SYNTHESIS OF ADVISORI SYSTEM FOR PREDICTIVE- AND RISK BASED MAINTENANCE

Baksai Gábor\*, Csete László Barnabás\*\*, Dr. Nagy István\*\*\*,  
Pap Norbert\*\*\*\*, Kertay Nándor\*\*\*\*\*

### ABSTRACT

*This article introduces the results of a system development based on the vibration measurement technology of AzimaDLI. We give a review of the complex diagnostic system's capabilities. The complex diagnostic inspections range to the field of off-line and on-line vibration diagnostic, thermography, leakage detection, off-line and on-line oil inspection and ferrography. After this review we demonstrate how the system's advisory function is working and how it is based on the different diagnostic technologies to support PdM. We will also demonstrate the method of machine risk rating and the structure of the risk matrix which is the main component of RBM.*

### BEVEZETÉS

Az alábbi leírás röviden bemutatja azokat a szoftverfejlesztéseket, melyeket cégünk az állapotfüggő- és a kockázat alapú karbantartási rendszerek bevezetéséhez, és a fenntartásához szükséges gépállapotra vonatkozó információk biztosításához készített. Célunk az volt, hogy a különböző on-line és off-line diagnosztikai eljárások által szolgáltatott eredményeket egy felügyeleti rendszerbe integráljuk. A rendszer eredményessége abban rejlik, hogy képes olyan fejlett diagnosztikai eljárások eredményeinek integrálására, mint a rezgésanalízis, a termográfia, a használt olaj analízis, a ferrográfia, valamint a szivárgás detektálás. Ezáltal átfogó képet biztosít a berendezések állapotáról. A komplex állapotfelügyeleti rendszer eredményei alapján lehetővé válik a forgógépek kockázat alapú besorolása. Az alábbiakban bemutatjuk az automatikus állapotfüggő kockázati besorolás folyamatát, melynek eredménye a kockázati mátrixban jelenik meg. Az on-line és off-line állapotfelügyeleti rendszerek, melyek képesek az automatikus diagnosztikára (mesterséges intelligencia alapú szoftver), megfelelő eszközként szolgálhatnak a PdM & RBM karbantartási

stratégia megvalósításához. Áttekintjük a fent említett Karbantartási Tanácsadó Rendszert, valamint röviden bemutatjuk a szoftverfejlesztéseket, illetve az integrált rendszer funkcióit és a karbantartás területén elérhető előnyeit.

### KÖZÉPPONTBAN A REZGÉSDIAGNOSZTIKA

A rendszer alapját az AzimaDLI által kifejlesztett ExpertALERT gépállapot meghatározó kiértékelő szoftver biztosítja. Az ExpertALERT egy automatikus szabálybázisú rezgésdiagnosztikai szakértői rendszer. A következőkben röviden bemutatjuk működését.

Az AzimaDLI technológiája többek között az alábbi funkciókat képes:

- Adatgyűjtés (érzékelő kiválasztás és rögzítés)
- Adat kezelés (jelfeldolgozás)
- Állapot meghatározás (referencia adatbázis)
- Állapot kiértékelés (automatikus hiba meghatározás)
- Előrejelzés, értékelés (javítási feladatok meghatározása)
- Javaslat készítés (jelentés és dokumentáció)

A szakértői rendszer keskeny sávú triaxiális spektrumokat használ, amelyek a berendezés csapágyaihoz a lehető legközelebbi mérési helyről származnak. A spektrumból meghatározásra és kiemelésre kerül az összes komponens sebessége, valamint az azokhoz tartozó egyes sajátosságok. Ezután összehasonlítás történik a diagnosztikai szabálybázissal. Ez a komponens specifikus adatmátrix (Component Specific Data Matrix-CSDM) képezi a rendszer egyik alappilléret. Az egyes adatmátrixban található diagnosztikai szabályok több tízezer gép vizsgálata során kerültek meghatározásra, és finomodtak.

Az AzimaDLI több mint 20 évvel ezelőtt mutatta be az első kereskedelmi forgalomban kapható triaxiális gyorsulásmérőt a 3 dimenziós rezgésmérésekhez, melynek használatát a mai napig támogatják a legújabb hordozható adatgyűjtői, illetve online rezgésmonitorozói is. Egy triaxiális rezgés gyorsulás érzékelő, vagy három egyirányú rezgés gyorsulásmérő mérőtuskóra rögzítve a lehető

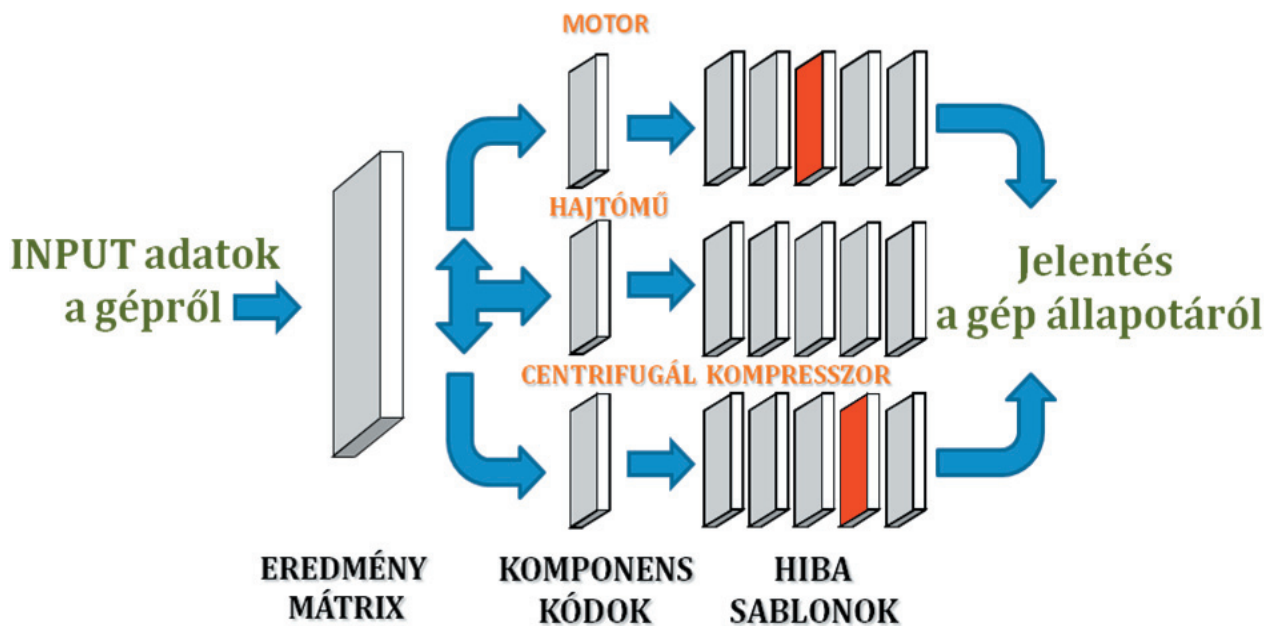
\*mérés- és laborvezető, Delta-3N Kft., H-7030 Paks, Jedlik Á. u. 2.

\*\*diagnosztika mérnök, Delta-3N Kft., H-7030 Paks, Jedlik Á. u. 2.

\*\*\* PhD. főiskolai tanár, Delta-3N Kft., H-7030 Paks, Jedlik Á. u. 2.,  
e-mail: drnagy@delta3n.hu

\*\*\*\* vezető diagnosztika, Delta-3N Kft., H-7030 Paks, Jedlik Á. u. 2.

\*\*\*\*\* tribológiai szakmérnök, Tribologic Kft.



1. ábra: A szakértői rendszer szabálybázisának működési elve

leghatékonyabb módszer kölcsönösen merőleges elhelyezkedésű irányokba történő rezgésméréshez.



2. ábra: Triaxiális érzékelő mérőtuskóval

Kritikus, vagy nehezen megközelíthető berendezések esetében a 3D-s mérést általában három egyirányú érzékelő segítségével végzik, valamint előfordul, hogy a rezgést 2D-ben, vagy egyetlen irányban mérik.

Az AzimaDLI adatgyűjtési módszere rugalmas, hiszen különböző számú és típusú (rezgésyorsulás-, rezgéssebesség-, vagy elmozdulás-) érzékelők jeleit képes fogadni, valamint a kiértékeléshez felhasználja a rendelkezésre álló folyamatérzékelők által mért paramétereket, úgymint sebesség, motor áram, hőmérséklet, vagy nyomás. Az off-line és on-line rendszer az alábbi jelfeldolgozási eljárásokat támogatja:

- Spektrum/FFT: általános hiba meghatározás
- Időjel/Orbitok: ütések, siklócsapágók
- Burkológörbe analízis, demodulált spektrum: gördülőelemes csapágó
- Teljes amplitúdó: teljes géphiba súlyosság
- Fázis: hiba meghatározás
- Cepstrum: harmonikus családok vizsgálata

Az ExpertALERT hatékonysága annak köszönhető, hogy statisztikai átlagadatokat hasonlít az aktuális adatokhoz. Az aktuális spektrumok átlaghoz való viszonyítása során a szoftver 800, 1600, 3200, (6400 12800 vagy 25600) frekvencia vonalat vizsgál az esetleges géphibák feltárása érdekében. Ez a fajta adat összehasonlítási eljárás sokkal kifinomultabb, mint a hagyományos eljárások, melyek általában csak 6-12 frekvenciasávot használnak.

Az AzimaDLI állapotfelügyeleti szoftvere tartalmazza a szabálybázisú, automatikus diagnosztikai modult és a szükséges grafikus elemző eszközöket, melyek segítségével a különböző meghibásodások széles skálája megérősíthető. A diagnosztikai rendszer a legkisebb hiba mintát is képes beazonosítani a rezgésjelekben, ezáltal megismételhető, és részletes elemzésre ad lehetőséget. Az azonosított hibákból trend készíthető, így a szakemberek a rezgésszintek változása helyett a tényleges hibák időbeni változását is nyomon követhetik. A több mint 4700 diagnosztikai szabálynak köszönhetően 47 gépkomponens 960 különböző meghibásodása azonosítható.

A következő sajátossága ennek az eljárás módnak, hogy képes automatikusan jelentést generálni, mely az alábbiakat tartalmazza:

- A hiba megnevezése
- A hiba súlyossága (Nincs hiba, Kismértékű, Közepes, Súlyos és Extrém)
- Javaslat a karbantartásra
- Javítási prioritás (Kívánatos, Fontos és Kötelező)
- A feltárt hibára utaló rezgéscsúcsok részletei

Ez a fajta információ, sokkal jobban kezelhető, mint a nyers (feldolgozatlan) spektrumok, amelyeket más rezgésdiagnosztikai rendszerek nyújtanak. Az adat szűrés, az analízis, a hiba diagnosztizálás és a jelentéskészítés teljes folyamata automatizált.



## Downtown Service Pump #1

MID: 9  
 Jelentés készítve: 8/23/2010 01:38 PM  
 Mintavételezve: 7/27/2004 06:45 PM 1xM = 1778 l/min Átlagok: 3

Hiba-tényező = 735.

Maximum szint 113 [+12] VdB nél 1.00x on 3T

### JAVASLATOK:

**KÖTELEZŐ: VÉGEZZÉK EL A MOTOR CSAPÁGYAK ZSÍRZÁSÁT, HA NEM JAVUL A GÉP CSERÉLJÉK KI AZOKAT**  
**FONTOS: CSERÉLJÉK KI A SZIVATTYÚ SZABADVÉG CSAPÁGYÁT, VÉGEZZÉK EL AZ OLAJCSERÉT**

### DIAGNÓZIS:

**EXTRÉM MOTOR SZABAD VÉG CSAPÁGYLAZULÁS**  
**EXTRÉM MOTOR HAJTÁSOLDALI CSAPÁGYLAZULÁS**  
**SÚLYOS MOTOR TÁMCSAPÁGY PROBLÉMA**  
**SÚLYOS MOTOR HAJTÁSOLDALI CSAPÁGYKOPÁS**  
**SÚLYOS SZIVATTYÚ SZABAD VÉG GÖRDÜLŐCSAPÁGYKOPÁS**  
**KÖZEPES SZIVATTYÚ HAJTÁSOLDALI GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS**  
**KÖZEPES MOTOR SZABAD VÉG CSAPÁGYKOPÁS**  
**KÖZEPES SZIVATTYÚ HAJTÁSOLDALI LAZULÁS VAGY CSAPÁGY HÉZAG PROBLÉMA**

**POZÍCIÓ FELIRAT**  
 POZÍCIÓ 1 : Motor Free End  
 POZÍCIÓ 2 : Motor Drive End  
 POZÍCIÓ 3 : Pump Drive End  
 POZÍCIÓ 4 : Pump Free End

3. ábra: Rezgésdiagnosztikai szakértői jelentés

A megbízható és komplett adatok gyűjtéséhez triaxiális rezgésnyúlás érzékelőt alkalmazunk, amely a berendezés csapágaihoz a lehető legközelebbi mérési helyről a tér három irányába méri a rezgéseket. A megfelelő frekvencia csatolás és a pontos megismételhetőség biztosítása érdekében permanensen felszerelt mérőtuskókat alkalmazunk. Minden egyes mérőpontot vonalkóddal látunk el, amely elősegíti a gyors és pontos mérőpont azonosítást.

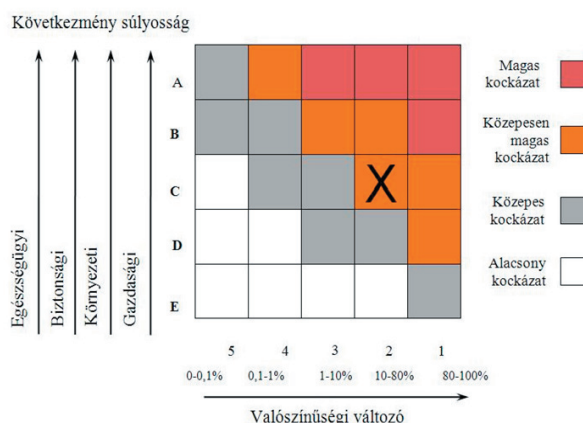
### KOCKÁZATI MÁTRIX AUTOMATIKUS KOCKÁZATI BESOROLÁSSAL

Az általunk alkalmazott rezgésdiagnosztikai technológia megfelelő alapot biztosít a Kockázat alapú karbantartási stratégia bevezetéséhez.

A kockázat alapú karbantartási rendszer (RBM) fő jellemzői az alábbiak:

- Komplex következmény rendszert használ
- Felhasználja a műszaki diagnosztika eredményeit
- Együttesen veszi figyelembe a műszaki és gazdasági információkat
- Karbantartási munkák rangsorolásához a kockázati mátrixot használja

A kockázati mátrix használata a kockázatelemzés egyik gyakorlat-orientált megközelítése. A mátrix segítségével ábrázolják a kockázatot, mint a negatív hatású esemény bekövetkezési valószínűségének és a lehetséges negatív hatások (következmények) mértékének szorzatát.



4. ábra: Kockázati mátrix elvi sémája

Kifejlesztettünk egy fél-kvalitatív kockázat becslő eszközt, a Risk Analyzert, amely a rezgésdiagnosztikai szakértői rendszer eredményeit felhasználva egy dinamikus kockázati mátrixban jeleníti meg a berendezés aktuális kockázati besorolását. A kockázati mátrix egyik oldalán az adott szempontrendszer szerinti következmény, a másik oldalán a valószínűségi változó áll. A következmény és a valószínűség eredményeként kapjuk a kockázat becslését, vagyis a kockázati besorolást. A kockázati mátrix egy táblázat, melynek segítségével egy fix értéket rendelünk az azonosított kockázathoz. Minden azonosított kockázathoz 1-5-ig terjedő értéket rendelünk a valószínűség és a következmény oldalán egyaránt.

**Kockázati valószínűség:**

1. Valószínűtlen – szinte biztos, hogy nem következik be
2. Csekély – nagyon kicsi az esélye
3. Esetleges – lehetséges, korábban már bekövetkezett
4. Valószínű – nagy eséllyel megtörténik
5. Gyakori – biztosan bekövetkezik

**Kockázati következmény:**

1. Majdnem elhanyagolható következmény – egyszerűen megoldható
2. Kismértékű hatása lehet a költségekre, vagy az ütemtervre. Néhány nap is szükséges lehet a javításra
3. Közepes probléma, figyelemre méltó hatása lehet a költségekre, vagy az ütemtervre. A tervek illetve az ütemterv megváltoztatását is eredményezheti.
4. Súlyos probléma, amely hatással lehet a feladat hitelességére és integritására. További ráfordításokat igényelhet. Jelentős feladat újratervezést igényelhet.
5. Kritikus. A feladat meghiúsulását okozhatja. Katasztrófa szintű következmény, amelynek hatása túlmutat a cég keretein.

A kockázat valószínűségének meghatározására az ExpertALERT szabálybázisú szakértői rendszer által szolgáltatott automatikus gépállapot elemzés eredményeit használjuk. A szakértői rendszer által meghatározott hiba súlyosságát az alábbi táblázat alapján vesszük figyelembe a kockázati valószínűség meghatározásánál:

Kategória	Hiba súlyosság	Valószínűség
5	Kismértékű	Valószínűtlen
4	Közepes	Csekély
3	Súlyos	Esetleges
2	Tartósan súlyos	Valószínű
1	Extrém	Gyakori

1. táblázat: A kockázati valószínűség kategóriái

A kockázati következmény besorolásánál figyelembe vesszük a személyek biztonságára és egészségére, a környezetre, és a gazdaságra ható következményeket, valamint a vállalat megítélését érintő következményeket is. Mindegyik következmény öt kategóriára van osztva a következmény súlyossága alapján. Szemléltetésként az alábbi táblázat összefoglalva mutatja a kockázati következmények egyes kategóriáinak egy lehetséges típusú szöveges megfogalmazását.

Kategória	Kockázati következmény
A	Egy embernél többet érintő halálos baleset, vagy csoportos súlyos sérülés. Súlyos környezetkárosítás. Az üzemet ért kár értéke meghaladja a \$100 millió.
B	Egy embert érintő halálos baleset vagy csoportos súlyos sérülés. Közepes mértékű környezetkárosítás. Az üzemet ért kár értéke \$10-100 millió.
C	Munkaképesség hosszú távú elvesztése, kiesése. Kismértékű környezetkárosítás. Az üzemet ért kár értéke \$1-10 millió.
D	8 napon belül gyógyuló sérülés. Üzem területén belüli zaj, vagy szag kibocsátás. Az üzemet ért kár értéke \$0.1 - 1 millió.
E	Helyszínen ellátható sérülés. Zaj vagy szag. Az üzemet ért kár értéke \$0.1 millió

2. táblázat: A kockázati következmény kategóriái

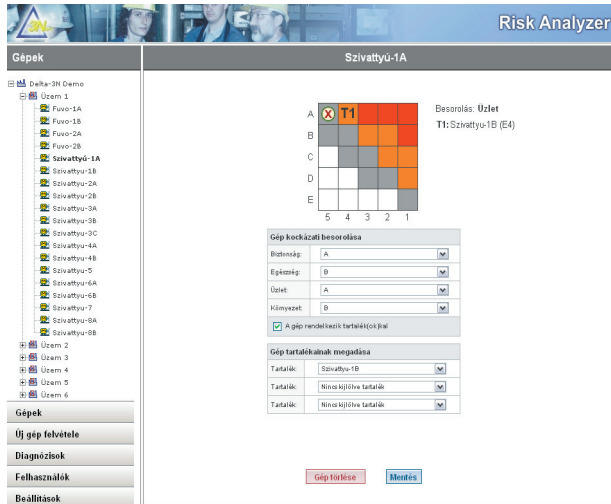
A fent említett következményszempontokon túl a forgógépek a technológiai láncban betöltött szerepük figyelembevételével kerülnek besorolásra. A besorolás pontosságát a nagy üzemi tapasztalattal rendelkező helyi szakemberek közreműködése biztosítja. A kockázati következmény kategóriák természetesen más szempontrendszer szerint is kialakíthatók, mindig az adott alkalmazási területhez szabhatók.

Kockázati érték	Kategória	Magyarázat
I	Elfogadhatatlan	Műszaki és/vagy adminisztratív eszközökkel szükséges csökkenteni. A gép azonnali karbantartási intézkedéseket igényel.
II	Nemkívánatos	Műszaki és/vagy adminisztratív eszközökkel szükséges csökkenteni. A következő karbantartási periódusra ütemezni kell a gép karbantartását.
III	Bizonyos fokig elfogadható	Ellenőrizni kell, hogy az eljárások és az ellenőrzés megfelelőek-e. A diagnosztikai mérések gyakoriságát célszerű növelni.
IV	Elfogadható	Nem igényel intézkedést

3. táblázat: Kockázati besorolás kategóriái

A következő lépés a kockázat különböző mértékeinek meghatározása a kockázati mátrixhoz. A mátrixban egyértelműen el kell különülnie az elfogadható és az elfogadhatatlan kockázatot jelentő mezőknek. A 3. táblázatban négy kategóriát definiáltunk a kockázat mértékének osztályozására.

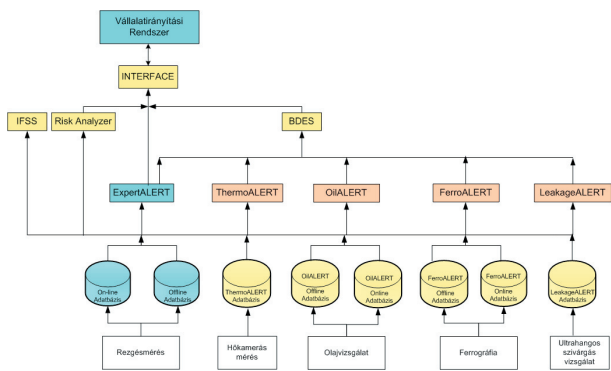
A Risk Analyzer szoftver a korábbiakban részletezett módszer alapján képes az on-line, vagy off-line diagnosztikai rendszer felügyelete alá tartozó forgógépek automatikus kockázati besorolására.



5. ábra: A Risk Analyzer

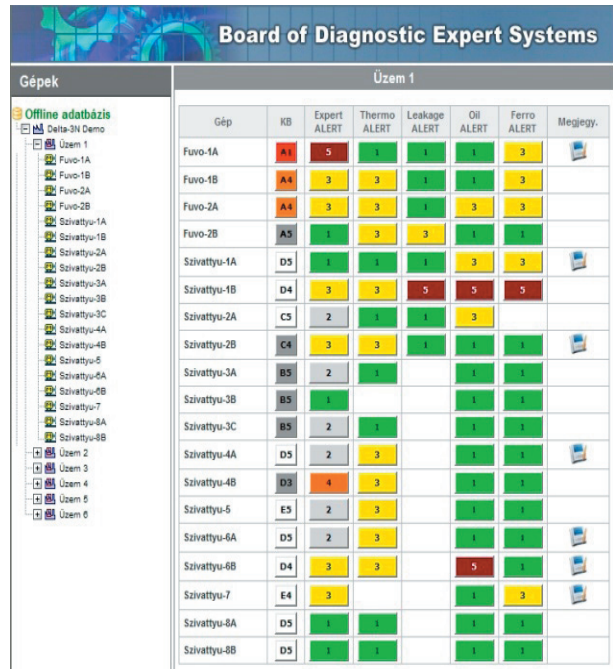
## EREDMÉNYEK INTEGRÁLÁSA – BDES – BOARD OF DIAGNOSTIC EXPERT SYSTEMS

A következő ábrán az integrált diagnosztikai rendszer elvi vázlatát látható. A különböző diagnosztikai technológiákhoz kifejlesztett szoftverek mindegyike önálló adatbázissal rendelkezik. A szakértői rendszerek az ExpertALERT-tel kommunikálnak, amelynek automatikus szakértői eredményeit átveszik további felhasználás céljából. A szakértői analízis során készült ExpertALERT, ThermoALERT, OilALERT, Ferro-ALERT és LeakageALERT jelentések megjelenítésre kerülnek a BDES (Board of Diagnostic Expert Systems) szoftverben a Risk Analyzer által készített kockázati besorolással együtt.



6. ábra: Az integrált diagnosztikai rendszer vázlatát

A BDES megjelenítő felületén szín kódolva jelennek meg a kockázati besorolás, valamint az egyes szakértői rendszerek által készített jelentések eredményei, amelyek az adott ikonra kattintva részletesen megtekinthetők.



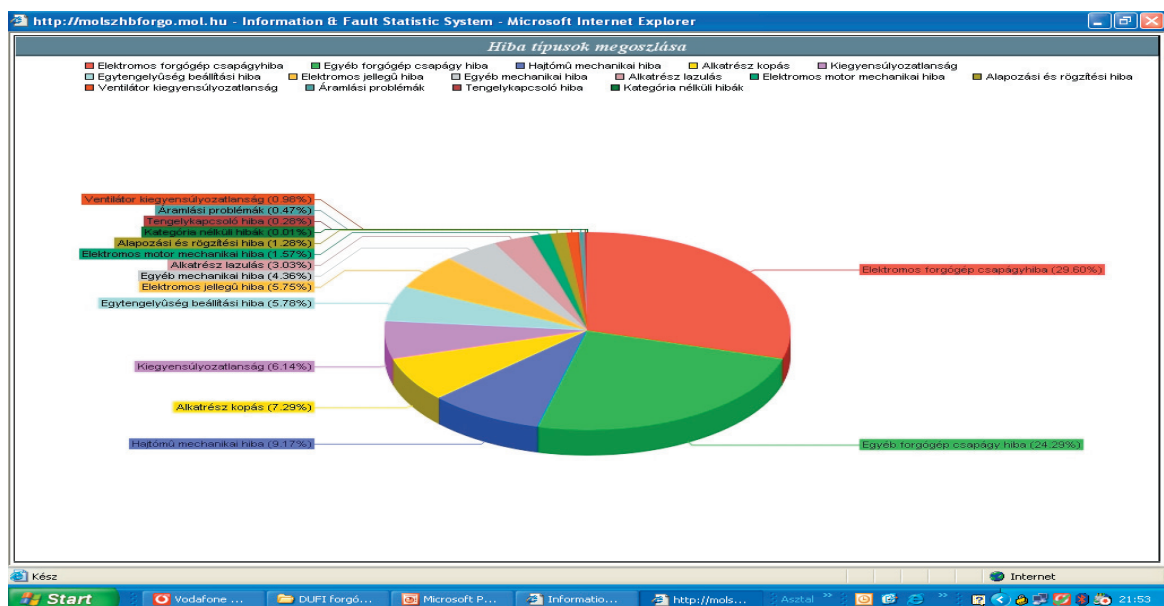
7. ábra: BDES – Integrált megjelenítés

## DÖNTÉSTÁMOGATÁS STATISZTIKÁKRA ALAPOZVA - IFSS - INFORMATION & FAULT STATISTIC SYSTEM

Az IFSS (Information and Fault Statistic System) egy web alapú információs szolgáltató és statisztikai szoftver, amely a leghatékonyabb és leg költségkímélőbb módja, hogy a karbantartási döntéshozatalhoz szükséges információk eljussanak a megfelelő felhasználóhoz. A felhasználók hozzáférnek az automatikus szakértői jelentésekhez, a gépek trendjeihez, valamint a rezgésadatokhoz egy hagyományos web böngészőn keresztül. A replikációs technológia segítségével az egyes kiszolgáltató gépek szinkronizálhatnak a központi szerveren lévő adatbázissal, így folyamatos az adatfrissítés. Az aktív szerver adatbázisa elérhető a weben keresztül, ezáltal tetszőleges számú hozzáféréssel rendelkező felhasználó kérheti le az információkat anélkül, hogy saját szoftvert kellene vásárolnia.

Az IFSS statisztikai moduljának segítségével statisztikai analízisek készíthetők a hibák előfordulásáról különböző léptékekben. Lehetőség van gép, üzem, vagy akár a teljes gyár tekintetében vizsgálni a különböző hibastatisztikákat, illetve összehasonlíthatóak az adatok más gyár, csoport, vagy helyszín adataival. Számos különböző statisztika készíthető a berendezésekkel kapcsolo-





8. ábra: IFSS – Hiba típusok megoszlásának statisztikája

latban (pl. hibastatisztika, hibatípus megoszlás, állapot statisztika, mérések elmaradása, stb.), amelyek fontos segítséget nyújthatnak az állapotfüggő karbantartáshoz.

### FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

A jövőben tervezzük a meglévő rendszer kibővítését, továbbfejlesztését, melynek során újabb diagnosztikai technológiák bevonását kívánjuk megvalósítani. Tervezzük egy on-line olaj és ferrogáfiai modul kifejlesztését, amely képes fogadni és feldolgozni a különböző on-line olajállapot érzékelők által végzett mérések eredményeit. A beépített érzékelőknek köszönhetően lehetőség nyílna az olaj degradációjának, vízesedésének és kopási részecske tartalmának folyamatos nyomon követésére. Tervezzük továbbá a motoráram analízisek, a videoszkópos és endoszkópos vizsgálatok integrálását is a rendszerbe.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az ismertetett rendszer több hazai vállalatnál is működik, folyamatosan történnek a mérések. A szoftverek adatbázisai nagyrészt már feltöltésre kerültek, az elemzések, a gépek állapotának értékelése folyamatosan történik. A rendszer eredményei megbízható alapot adnak a karbantartás tervezéssel foglalkozó szakemberek állapotfüggő-, illetve kockázat alapú karbantartási döntéseikhez. A megbízható és automatikus hiba diagnosztika és hiba súlyosság meghatározás lehetővé teszi az állapot függő karbantartás (PdM), valamint a kockázat alapú karbantartási stratégia (RBM) hatékony alkalmazását.

### SUMMARY

The above introduced system is currently in use at numerous domestic companies. The databases of the softwares are completed and the measurements, the analysis, and the evaluation of machine condition is happening constantly. The results of the system offer a reliable foundation for maintenance experts for their predictive- and risk based maintenance designs. The dependable and automatic fault diagnosis and fault severity determination allows the efficient use of Predictive Maintenance and Risk Based Maintenance as well.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A. FRIEDMAN: Expert Automated Diagnostic System, CaseHistory-NavyStudy, DLI Engineering Corp., 2004
- [2] B. WATTS, J. V. DYKE: Sr. An Automated Vibration-Based Expert Diagnostic System. Sound & Vibration, Machinery Monitoring, September, 1993.
- [3] DR. I. NAGY: Condition Based Maintenance, Technical Diagnostics I., Vibration Analysis, Publisher Delta-3N Ltd., 2007, ISBN 978-963-06- 0806 0
- [4] I. NAGY, J. SZÁNTÓ: Diagnostic Expert System for Maintenance, 12<sup>th</sup> International Conference for Maintenance, Rovinj, Croatia, 16-18 May 2006.
- [5] DR. I. NAGY: Integrating an Online System with an Existing Condition Based Monitoring Program, DLI European Conference, Turkey Antalya, 27-29 June 2007.
- [6] I. NAGY, J. SZANT.: Knowledge Based Surveillance Systems and Maintenance, 8th International Conference, Modern Technologies in Manufacturing MTeM 2007, Cluj Napoca Romania, 4-5 October 2007.
- [7] I. NAGY, J. SZÁNTÓ, K. SÓLYOMVÁRI: How Does the Vibration Diagnostic System Work, Central European Forum on Maintenance, Vysoke Tatry, 9-10. 05. 2005

# DUGATTYÚS SZIVATTYÚK KORSZERŰSÍTŐ FELÚJÍTÁSA DIAMANT GYÁRTMÁNYÚ MŰANYAG BEVONATTAL

Dr. Deszpoth István\*, Dr. Barna Balázs\*\*, Dr. Kundrák János\*\*\*, Dr. Szűcs János\*\*\*\*

## 1. ELŐZMÉNYEK

Az 1990-es években az üzemek az alacsony élettartamúknak talált, tönkrement részegységeiknél egyes esetekben még igényelték azok javítását vagy a részegység eredeti gyártójánál, vagy a saját karbantartó üzemükben, vagy más kutató-fejlesztő intézményben.

A Miskolci Egyetemen a Szerszámgépek ill. a Gépgyártástechnológiai Tanszék munkatársai a 90-es években dugattyús zsír- és membránszivattyúk korszerűsítő felújítására irányuló kutató-fejlesztő munkát indított el, üzemi megbízásból. A kutatást a Szerszámgépek Tanszékén a DIAMANT gyártmányú műanyag bevonatokkal elért eredményeknek a felhasználására alapoztuk.

A termékcsalád alapanyaga a térhálós polimerek csoportjába tartozó kétkomponenses gyanta. A gyanta folyékony monomer részébe különböző töltőanyagokat (fémporokat, súrlódáscsökkentő anyagokat, stb.) kevernek, ezáltal a tulajdonságok különböző célokra célszerűen alakíthatók. Felhasználáskor a folyékony monomerhez folyékony térhálósítót (keményítőt) kell megfelelő arányban keverni, ezáltal jól tapadó anyag keletkezik. Ezután elindul a térhálósodás (a polimerizáció), amelynek bekövetkeztével a folyékony összetevőkből egy szilárd térhálós szemcsés kompozit szerkezet alakul ki. Az összekötő, befoglaló mátrixot a térhálós polimer képezi, szilárdan, körbefogottan beágyazva a porszerű vagy molekuláris töltőanyagokat. A hagyományos szerkezeti anyagoktól eltérő tulajdonságú „ÚJ ANYAG” jön létre [1, 2, 3].

A korszerűsítő felújításban eredményes DIAMANT termékeket az 1. ábra segítségével tekinthetjük át.

A kikeményedett bevonat jellegzetes alkalmazási tulajdonságait és anyagvizsgálati jellemzőit is szemlélteti a 2. ábra. A DWH bevonó rendszer kikísérletezett, speciálisan kialakított finom fém-töltőanyagú kombinációja is epoxi gyantából áll. Alkalmos:

- öntvények
- szivattyúk
- csapágykosarak
- szerszámok
- gépalkatrészek
- tengelyek
- készülékek
- stb.

illesztésére, belső tereik kiöntésére és javítására.

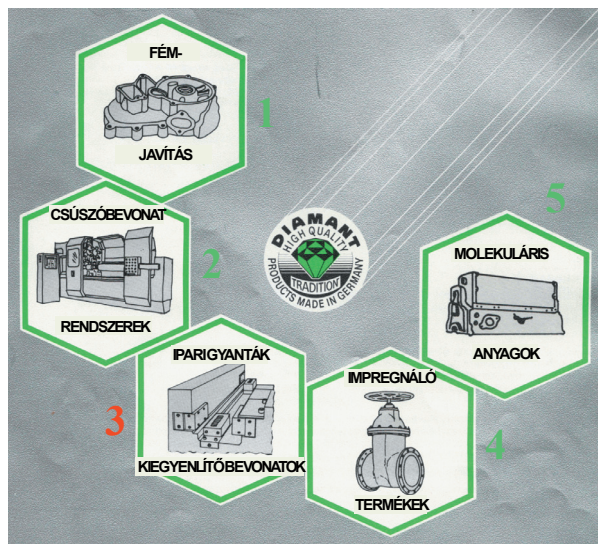
A DWH bevonó rendszer célszerű felhasználása az ún. LEKÉPEZÉSI MÓDSZER!

\* mérnöktanár, Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, e-mail: istvan.deszpoth@uni-miskolc.hu

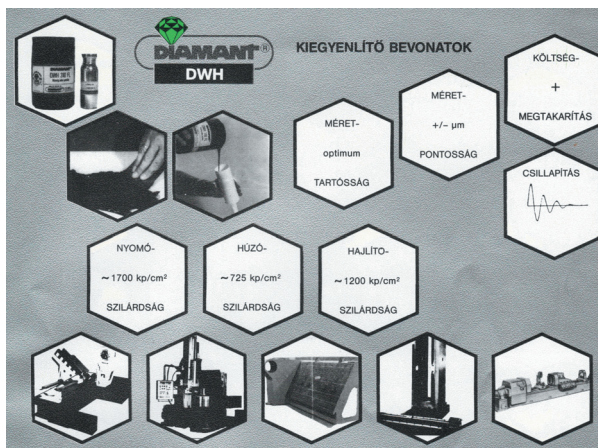
\*\* tanszéki mérnök, Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszék, e-mail: barna.balazs@uni-miskolc.hu

\*\*\* tanszékvezető egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, kundrak@uni-miskolc.hu

\*\*\*\* ny. egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, e-mail: janos.szucs@uni-miskolc.hu



1. ábra. DIAMANT termékek



2. ábra. A kiegyenlítő bevonatok jellemzői

## 2. A LEKÉPEZÉSI MÓDSZER GYAKORLATI ALKALMAZÁSA DUGATTYÚS SZIVATTYÚK KORSZERŰSÍTŐ FELÚJÍTÁSÁRA

A leképezési módszer a kutatások eredményeként precíziós DIAMANT injektálási technológiával valósult meg mindegyik felújításnál, az alábbiak szerint.

A tönkrement öntöttvashenger-acéldugattyú súrlódó párokat *konstrukciósan megváltoztattuk* a hengerfurat áttervezésével.

Az öntöttvas házban lévő tönkrement hengerfuratot felfürtük 2–3 mm-el nagyobbra és érdesítési célból befürtünk menetet is, hogy az így létrejött szabad térbe



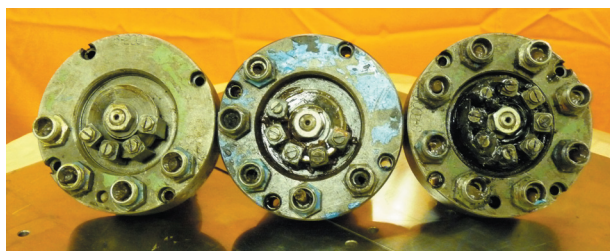
majd be lehessen injektálni a DWH kiegyenlítő bevonatot. Ehhez a művelethez egy olyan speciális injektáló műanyag szerszámot terveztünk és gyártottunk, amely egyrészt magába foglalja a kiöntésre kerülő szivattyú hengert, másrészt a kifűrt hengerfurat öntőterébe illesztett tükrösített, nagyon pontos öntőtűskét is.

Az öntőtűske lehet csupán erre a célra kialakított szerzőszám, vagy lehet esetleg tükrösítéssel megjavított azon dugattyúrúd is, amely majd a kiöntött hengerfuratban fog működni a felújítás után.

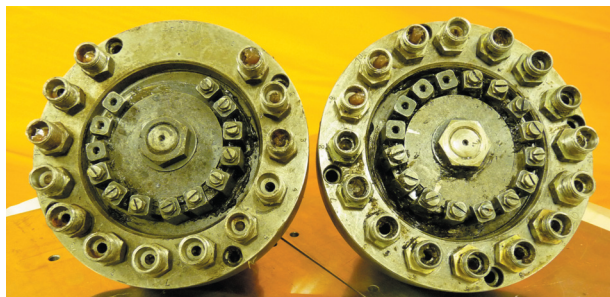
A fentiekben ismertetett felújítási mód *minőségileg különbözik* a szokásos javítástól, amikor az eredeti konstrukció minél pontosabb helyreállításával végzik a felújítást. Ebben az esetben viszont a részegység kopási élettartam szempontjából kritikus súrlódó párjának konstrukcióját részben megváltoztatjuk. Az öntöttvas-acél súrlódó pár helyett műanyag-acél súrlódó párt alakítottunk ki olyan korszerű és előnyös "ÚJ ANYAG" alkalmazásával, amilyen az eredeti szerkezet konstrukciós-technológiai kialakításakor esetleg még nem is létezett. Ezért a karbantartási szakirodalomban a fenti „áttervezéses” javítást joggal „*korszerűsítő felújítás*”-nak nevezik.

### 3. TÖBBHENGERES, BÚVÁRDUGATTYÚS ZSÍRSZIVATTYÚ FELÚJÍTÁSA

Egy külszíni fejtésű bányában dolgozó, nagy értékű munkagép siklócsapágyainak zsírkenését többhengeres búvárdugattyús zsírszivattyúk végzik. A termékcsalád 4, 5 és 8 hengeres változatait a 3. ábra, a 13 és 16 hengeres változatait a 4. ábra szemlélteti. A felvételek a nyomóoldal felől készültek, ahol az axiálisan ki- és bemozgó dugattyúkat vezérlő harangtárcsa is látható. A hátoldalon található a szívóoldal a töltőkanállal és a forgószelepekkel (5. és 6. ábra).



3. ábra. A termékcsalád 4, 5 és 8 hengeres változatai (nyomóoldal)



4. ábra. A termékcsalád 13 és 16 hengeres változatai (nyomóoldal)



5. ábra. A termékcsalád 8, 5 és 4 hengeres változatai (szívóoldal)



6. ábra. A termékcsalád 16 és 13 hengeres változatai (szívóoldal)

A kenőzsírt szakaszos nyomásimpulzusokkal szállítja a szivattyú, és a hengerenként megkövetelt minimális csúcshozamnak a nyomócsonton 120 bar-nak kell lennie a nyomásimpulzus során. Az új zsírszivattyúk a működés kezdetén 280–310 bar csúcshozamot is leadnak, amelyhez 3–6 µm henger-dugattyú játékot biztosítanak a gyártás során. Az üzemeltetés során az egyes hengerek csúcshozama lecsökken, amelynek oka lehet egyrészt az alternáló mozgást végző dugattyú és a henger közötti játék megnövekedése a kopás miatt. Másrészt a henger dugattyúval szemben lévő végében a forgó mozgást végző vezérlőszelep és hengerfurat közötti kopások miatt is megnövekszik a henger-szelepcsap közötti játék. Ekkor a nyomótérből a zsír visszaáramlik a szívótérbe, illetve a csap mellett kiáramlik a szabadba. Az elkopott henger-dugattyú, illetve henger-forgószelep illeszkedő párok között 8–15 µm-es játékok lépnek fel, emiatt a szivattyú 120 bar alatti vagy akár csak 0 bar csúcshozamot ad le. Erre az esetre dolgoztuk ki a zsírókorszerűsítő felújítási technológiáját, amelyet az alábbiakban ismertetünk. A kidolgozott technológia sajátossága, hogy az illesztéseknél fel kell adni a teljes cserélhetőség igényét, és át kell térni a nagyon gondos egyedi illesztésekre (ez a dugattyúk, a forgószelepek, és a hozzájuk tartozó hengerfuratok egyedi összeszámozását igényli).

### A ZSÍRSZIVATTYÚK FELÚJÍTÁSÁNAK MŰVELETI SORRENDJE

#### 1. Zsíró működés ellenőrzése

Próbapadon (7. ábra) működés ellenőrzés és csúcshozam-mérés, hibafeltárás a szerelt egységen.



## 2. Zsírzó szétszerelése

Szétszerelés, tisztítás, mosás, levegővel kifúvatás.

## 3. Hibafelmérés

Alkatrészek felületminőségi- és méretellenőrzése, javítási módszerek meghatározása (csapok tükrösítése szükséges-e, ház henger furatok öntése DWH-val megvalósítható-e?).



7. ábra. Próbapad

## 4. Esztergálás

A szivattyúház nyomóoldali homloklapján körgyűrű horony esztergálása a hengerfuratok összekötésére (a DWH beinjektálásához). Sorjázás.

## 5. Illesztő szeg fúrás

A szivattyúházat be kell szerelni az öntőszerszámba 1 db tuskével tájolva a központosító csapra és a szerszámon lévő Ø4 mm-es illesztő furatból egy Ø4x10 mm-es furatot kell a házba fúrni, a későbbi pontos helyzet-meghatározáshoz. Életörés.

## 6. Hengerfuratok felfúrása

A szivattyúházban az Ø8 mm-es hengerfuratokat fel kell fúrni Ø11 mm-re és M12-es menetet készíteni (érdesítés céljából, a jobb tapadás érdekében). Sorjázás.

## 7. Mosás

A szivattyúházból sűrített levegővel forgács kifúvatása. Ecsételő mosás DIAMANT alkatrészmosóval. lefúvatás levegővel. Fúvató mosás DIAMANT zsirtalanító sprayvel, lefúvatás levegővel. Szívó-nyomó furati csatlakozás ellenőrzése 2 tuskés módszerrel.

Az injektáló szerszám összes alkatrészének illetve az injektáló fecskendő ecsetelő mosása, lefúvatása levegővel.

## 8. Bevonás formaleválasztóval

Öntőtüskék bemártása formaleválasztóba, szárítás, polírozás.

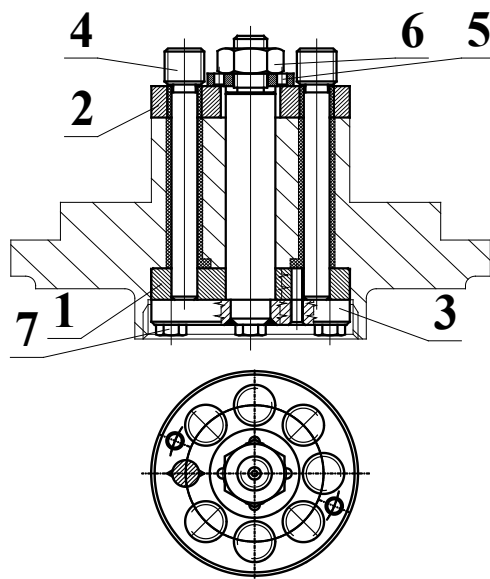
Nyomófurat tömítő tuskék bemártása formaleválasztóba, szárítás.

Szivattyúház szívócsonkjainak ecsettel bekenése formaleválasztóval, dugattyúoldali homloklap bekenése a körgyűrű hornyon kívül, forgószelep oldali homloklap bekenése, szárítása.

Az Injektáló szerszám, ill. az Injektáló fecskendő belsőjének és nyomócsonkjának DWH-val találkozó összes felületét be kell formaleválasztóval, szárítás.

## 9. Összeszerelés öntéshez

Az alsó lappal (1) szerelt szivattyúház rászerelése az öntőszerszám központosító csapjára (3), illesztő szegek beütése, rögzítés csavarokkal (7). Öntőtüskék (4) beszerelése, felső lap (2), alátét (5), anya (6) felszerelése, meghúzása.



8. ábra. Az öntőkészülék vázlata

## 10. DWH injektáló öntése

Anyagigény meghatározás, tömegek kimérése, alapos összekeverés, levegőztetés, áttöltés fecskendőbe. Injektáló fecskendő becsavarása, a bekevert gyanta lassú beinjektálása (minden öntőtüske fejénél jelenjen meg a gyanta!). Kötési idő: 24 óra

## 11. Injektáló szerszám bontása

Öntőtüskék kiütése, felöntésektől tisztítás, sorjázás. Szívó- és nyomófuratok átfúrása, kifúvatás. Hengerfuratok áttörlése, felületminőség vizsgálata.

## 12. Palástköszörülés

A dugattyúk és forgószelep tönkcrement Ø8 mm-es hengerpalástjának köszörülése Ø7,8±0,01 mm-re.

## 13. Illesztő tükrösítés

Az öntött új hengerfuratokba dugattyúk és forgószelep csapok illesztő tükrösítése, egyedi összeszámozás alkalmazása mellett.

## 14. Előszerezés

A tükrösített alkatrészek és hengerfuratok tisztítása, mosása. Dugattyúk és forgószelepek bejárata zsírkenés mellett a sorszámozott hengerfuratokban, az illesztés minőségének ellenőrzése.

## 15. Zsírzó végszerelése

Összeszerelés zsírkenéssel. Mindkét forgásirányú kézi működéspróba végzése (akadálymentes forgathatóság).

## 16. Zsírzó működésképesség ellenőrzése

Beszerezés próbapadra, hengerenként csúcnyomás mérése, minősítés, kiszerezés, tisztítás zsirtól.

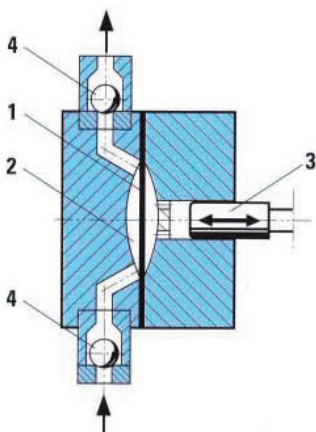
## 17. Szállítás előkészítése

Csomagolás, átadás beépítésre.

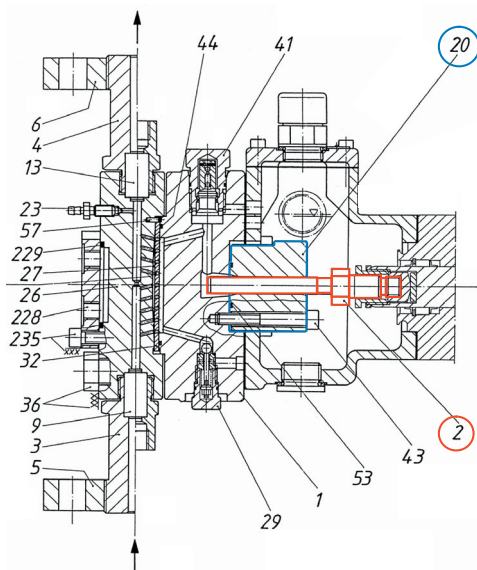
#### 4. MEMBRÁNSZIVATTYÚ EGYSÉG BÚVÁRDUGATTYÚS HIDRAULIKA SZIVATTYÚJÁNAK FELÚJÍTÁSA

Egy nagy értékű membránszivattyú elvi felépítést szemlélteti a 9. ábra. A bal oldalon látható a membránfej a szívó- és nyomószeleppel (4), és a gömbszelet alakú munkatérrel (2). Középen helyezkedik el a rugóacéllemez körmembrán (1), amelynek a jobb oldalán van a működtető búvárszivattyú henger-dugattyú egysége. Az olajjal töltött, zárt hidraulika oldalon alternáló dugattyú (3) a lökettérfogatával megegyező rugalmas membránoldali térfogatváltozást idéz elő. Ezáltal a membrán domborodásánál nyomóloket, a visszarugózásánál pedig szívóloket jön létre a membránszivattyúban.

A 10. ábrán a szivattyú összeállítási rajzának részlete látható, piros színnel kiemelve a búvárdugattyú (2), és kék színnel a munkahenger (20).

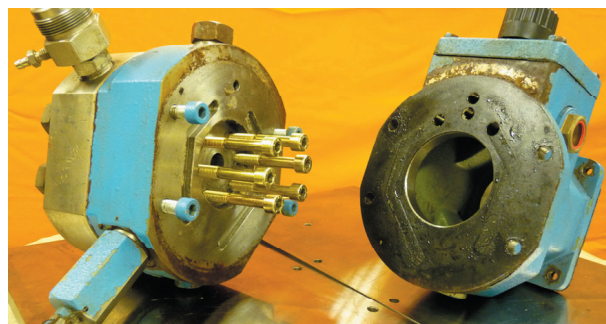


9. ábra. A membránszivattyú elvi felépítése



10. ábra. Membránszivattyú öa. rajz részlete

A 11. ábrán laboratóriumban részlegesen szétszerelt szivattyú látható (henger és dugattyú nélkül). A membránszivattyú búvárdugattyús hidraulika részében elkopnak a henger-dugattyú illeszkedő-pár működő felületei. Emiatt a kezdeti kb. 4–5  $\mu\text{m}$ -es üzemi játék 10–15  $\mu\text{m}$ -re növekszik. Emiatt a hidraulika részegység már nem képes létrehozni a membrán dinamikus deformációjához szükséges kb. 70–80 bar olajnyomást. A löket során az olaj a dugattyú mellett visszaspriccel a tartálytérbe, emiatt a szállítóteljesítmény, ill. az üzemi nyomás jelentősen lecsökken.



11. ábra. Szétszerelt membránszivattyú (henger és dugattyú nélkül)

Erre a termékre is kidolgoztuk a hidraulika részegység korszerűsítő felújítási technológiáját, amely hasonló a zsírszivattyúkra kidolgozott technológiához. Eltérések abból adódnak, hogy itt tulajdonképpen csak egy henger-dugattyú egység van, ami egyszerűbbé teszi a felújítási technológia kidolgozását.

#### 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A több mint 20 éve üzemi gyakorlatban kipróbált DIAMANT gyártmányú DWH ipari öntőgyanta a dugattyús zsírszivattyúk korszerűsítő felújításában kedvező tapasztalatokat nyújtott. A zsírszivattyúk által szállított kenőzsírban előforduló szilárd szennyező részecskék abrazív koptató hatásának a felújított DIAMANT hengerfurat-acéldugattyú ill. acél forgószelep súrlódó párok sok éven keresztül megőrizték a tartós pontosságukat is. Az első felújított zsírszivattyút 1997-ben üzemelték be. A zsírszóknál az eredeti gyári öntöttvas-acél súrlódó párral megegyező, vagy annál nagyobb fizikai kopási élettartamot eredményeztek ( $\geq 10$  év). A felhasználó üzem mintegy 25 db felújított zsírszivattyú részegység üzemi teljesítményével elégedett volt.

A membránszivattyúk hidraulika szivattyújának korszerűsítő felújításánál is jól bevált a DWH ipari öntőgyanta beépítése. Az első felújított membránszivattyú 2004 óta üzemel, és az üzem eddig elégedett a működésével. Azóta több membránszivattyút is felújítottunk DWH öntéssel, amelyek szintén zavartalanul üzemelnek jelenleg is. A bemutatott műveletterv alapján megállapítható, hogy a műgyantás öntés ugyan viszonylag sok műveletből álló javítási technológia alkalmazását igényli, viszont a felújítás helyett elvégzendő újragyártás sokkal több gépi forgácsolást, és emiatt lényegesen több gyártási költséget eredményezne. A kisebb költségek és a jó élettartam eredmények miatt a befektetett munka feltétlenül megtérül.

#### IRODALOM

- [1] KOMÓCSIN M.: Gépipari anyagismeret, Cokom Mérnökiroda Kft., 1997, p.341
- [2] VADÁSZ E.: Gépalkatrészek gyártása és javítása műanyag- bevonattal, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978, p.271
- [3] BÁRCZY P.: Anyagismeret, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. p.231

# GÉPALAPOK ÉS TARTÓSZERKEZETEK HATÉKONY ÁLLAPOTFELMÉRÉSE ODS-VIZSGÁLATTAL

Doboviczki István\*

## 1.1 SZERKEZETELEMZÉS CÉLJA, ALKALMAZÁSI TERÜLETE

A termelőeszközök üzemeltetéséhez egyre pontosabb modellekre van szükség, hogy funkcióikat hibátlanul vagy megfelelően lássák el névleges és szélsőséges üzemi viszonyok között egyaránt. A versenyképes gyártás és üzemeltetés ma már nem képzelhető el számítógépes tervezés, modellezés nélkül, legyen szó kisméretű alkatrészről vagy összetett szerkezetéről. A modellalkotás módszerei egyre finomodnak, eszközei egyre nagyobb lehetőségeket kínálnak a műszaki alkalmazások esetén is. A műszaki modellezésnek számos elsődleges célja, és ipari alkalmazásokhoz közeli funkciója lehet, mint például:

- anyagismereti modell alkotása,
- statikai-, kinematikai-, lengéstanai modell felépítése,
- műszaki tervezés, termékfejlesztés,
- eszköz vagy folyamat működésének elemzése,
- állapot meghatározása, károsodások feltárása,
- szerkezeti rekonstrukció, műszaki-gazdasági döntés előkészítése.

A fizikai törvények, környezeti hatások ismerete, megfogalmazása, modellre való alkalmazása és „szűkítése” nagy körültekintést kíván. Egy-egy fontos paraméter figyelmen kívül hagyása, hatásának helytelen felmérése vagy értelmezése a kész szerkezet igénybevételekkel szembeni ellenállását jelentősen befolyásolja. A biztonságos működés érdekében ezért az analitikus, numerikus és kísérleti modellek képzésének nem alternatíváknak, hanem egymást kiegészítő tevékenységek kell lenniük.



1. ábra A Tacoma-híd leszakadása, 1940. november 7. Egy hibásan kialakított modellnek katasztrofális következményei lehetnek. [1]

\*gépészmérnök, mérés- műszaki diagnosztikai mérnök, karbantartás-tervező mérnök, e-mail: doboviczki.istvan@gmail.com

## 1.2 SZERKEZETI MODELLEK ÉS ALKALMAZÁSUK – FEM, EMA, ODS

A hagyományos analitikus modellek, módszerek továbbra is alkalmasak egyszerű tervezési feladatok elvégzésére. Egy kéttámaszú tartó statikus modelljének szilárdsági számításai hagyományos eszközökkel is viszonylag egyszerűen elvégezhetők, azonban bonyolultabb, dinamikus igénybevételek és hatásaik számításához numerikus, szimulációjához végeeselemes módszerek alkalmazása válik szükségessé. A modell peremfeltételeinek megadása hangsúlyos feladat, a termék élettartamát, üzemeltetési és gyártási költségeit alapvetően meghatározza.

### 1.2.1 Analitikus vagy numerikus modális elemzés

Az analitikus elemzés a matematikai modellezés eszközeit használja a szerkezet dinamikus tulajdonságainak – sajátfrekvenciák, csillapítási tényezők, lengésképek – meghatározására, folyamatosan finomítva a peremfeltételek, a merevség, a tömegeloszlás állapotainak hatását.

### 1.2.2 Végeeselemes analízis – Végeeselemes eljárás (FEM)

A végeeselemes módszer és -elemzés<sup>1</sup> az analitikus-numerikus eljárás alapjaira épülve, számítógépes feldolgozással részletesebb, pontosabb képet ad egy modell statikus és/vagy dinamikus viselkedéséről. A modell pontosításában nagy szerepe van a kísérleti úton, esetenként üzemi körülmények között rögzített mérési adatoknak, elemzésnek.

### 1.2.3 Kísérleti modális elemzés (EMA)

A kísérleti modális elemzés<sup>2</sup> egy létező rugalmas struktúrán végzett rezgésmérés alapján határozza meg a szerkezet dinamikus tulajdonságait, úgynevezett modális paramétereit, a modális frekvenciákat, a csillapításokat és modális mozgásmintákat. A modális modell készülhet arányos méretű másolatáról, prototípusról vagy üzemi környezetbe telepített szerkezetéről. A vizsgálat ellenőrzött, mesterséges körülmények között történik, külső gerjesztés alkalmazásával.

### 1.2.4 Működési elmozdulás minta – Lengésképek elemzés (ODS)

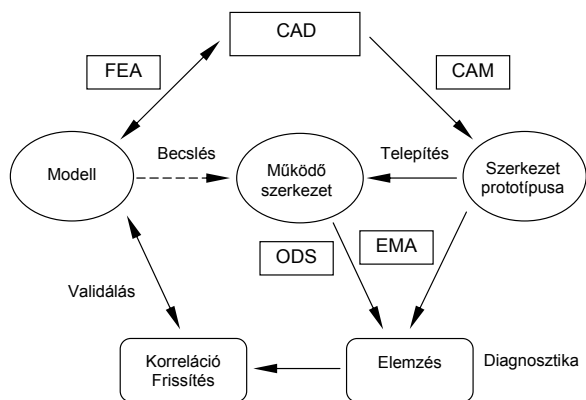
A működési elmozdulási minta<sup>3</sup> – vagy üzemi lengésképek – egy állandósult vagy átmeneti üzemi viszonyok kö-

<sup>1</sup> FEM/FEA (Finite Element Method/Analysis)

<sup>2</sup> EMA (Experimental Modal Analysis)

<sup>3</sup> ODS (Operating Deflection Shapes)





2. ábra. A tervezés, a gyártás és a dinamikus modellezési technikák kapcsolata. Az [2] kiegészítésével.

zött működő szerkezet dinamikus viselkedését jellemzi. Az elemzés adatai a belső gerjesztőerők és a szerkezet saját jellemzőinek (rezonancia-frekvencia, csillapítás, lengéskép) kombinációja. Előbbiek általában nem ismeretek, csak elméleti, tapasztalati ismeretek alapján számolható vissza vagy becsülhető forrásuk és mértékük. Az elemzés lehetőségei ezért korlátozottak, kevésbé alkalmas a szerkezetmódosítás következményeinek becslésére. Az ipari üzemeltetési gyakorlatban azonban a szerkezet funkcióképessége, maradék élettartama, állapota, a szerkezetben esetleg bekövetkezett károsodások mértéke és helye a fontos információ. Az ODS-modell a valós, üzemi körülmények között működő berendezés állapotát jellemzi, elemzésével az üzemeltetés, a karbantartás és karbantartás-tervezés számára szemléletes megjelenítéssel a megfelelő információkat nyújtja.

### 1.3 ODS-VIZSGÁLAT – „EZER SZÓ, EGY KÉP VAGY INKÁBB LENGÉSKÉP!”

Egy szerkezet bonyolultságával a dinamikus működésének leírásához szükséges adat mennyisége és az elemzésükhöz szükséges erőforrás mértéke hatványozódik az adatok közötti kapcsolatok vizsgálata miatt. Egy szerke-

zet rezgésmérése során keletkező több száz, ezer mérési adat geometriához való hozzárendelésével a szerkezet mozgó modellje, mozgásmintái létrehozhatók. A tömeges számsorok, a bennük rejlő összefüggések közvetlen numerikus vizsgálata helyett, a könnyebben felfogható mozgáskép teszi lehetővé a szerkezet hatékony elemzését.

Az ODS-vizsgálat ipari környezetben számos előnnyel bír más, modellezési vagy elemzési eljárásokkal szemben:

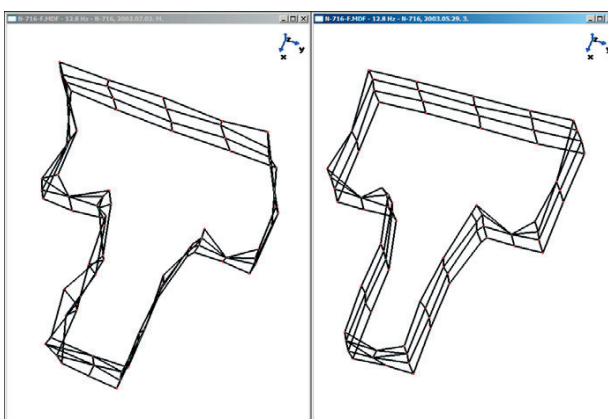
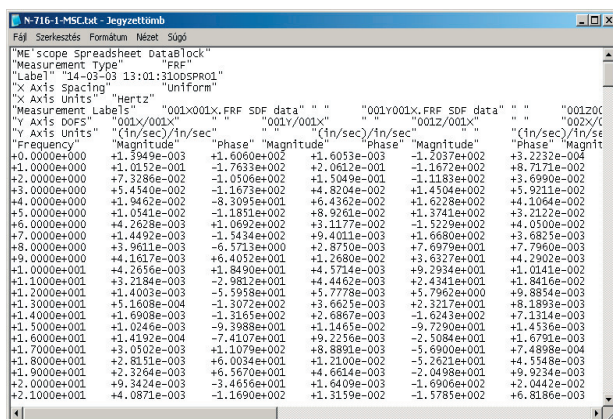
- A mérés üzem közben, a termelés megszakítása nélkül végezhető.
- A hagyományos rezgéselemzéshez képest nagyságrendekkel nagyobb adatmennyiség gyors kiértékelésére alkalmas.
- Gyorsabb eljárás, mint a FEM vagy az EMA.
- Nem szükséges hozzá speciális, külső gerjesztés.
- A szerkezet normál üzemi állapotát mutatja, károsodásairól, dinamikus állapotról általában megfelelő információt ad.
- Hatékony eszköz a hibaképek bemutatására.

A gerjesztések, és a rendszer saját jellemzőinek pontos ismerete nélkül az ODS-elemzés néhány korlátozással használható:

- Összetett gerjesztő- és lengőrendszer esetén a kiértékelés bizonytalanra válhat.
- Egy szerkezet ellenőrzött, szimulációs módosításához nem ad elegendő információt.
- EMA-modell csak további mérésekkel alkotható adataiból.
- FEM áttervezéshez mérési adatai közvetlenül nem használhatók.

Az ODS-vizsgálat eredményeit az ipari gyakorlatban a karbantartás, karbantartás-tervezés használja fel, például:

- üzemelő szerkezet hibáinak feltárására,
- javítások meghatározására és ütemezésére,
- költséges javítások, átalakítások műszaki indoklására,
- beruházás utáni állapot rögzítésére, kiértékelésére,
- javítás vagy beruházás garanciális feltételeinek ellenőrzésére.



3. ábra. Több ezer adat, vagy egyetlen mozgásmodell. Egy ODS-elemzés adatai és az adatokból készített ODS mozgásfázisok. A baloldali mozgáskép a javítás előtti, a jobboldali a javított gépalap állapotának lengésképe. [3]

### 1.3.1 Az ODS technológia jellemzői, technikái

Az ODS, vagy mozgásmodell egy szerkezet kijelölt pontjainak mozgását jeleníti meg, állandósult lengőrendszer esetén például a kiválasztott működési frekvencián vagy frekvenciákon.

Az ODS-elemzéshez létre kell hozni a vizsgált szerkezet modelljét. Első lépésként fel kell mérni a szerkezet geometriáját, károsodások potenciális helyeit, a fő gerjesztő erőket és hatásvonalait. Ellenőrző mérésekkel meg kell határozni a szerkezet kitüntetett működési frekvenciáit, és a mérést befolyásoló tényezőket. A rendelkezésre álló mérő- és elemző-eszközök függvényében meg kell határozni a méréshez használt technikát, ki kell jelölni a modell csomópontjait és a mérési irányokat. A kijelölt csomópontokon és irányokban a megállapított frekvenciatartományban rögzíteni kell a mérési adatokat. A mérési adatokat hozzá kell rendelni a geometria csomópontjaihoz megfelelő ODS-programmal, ezek után a szerkezet modelljének mozgásképe elemezhető.

A mozgást leíró, amplitúdó- és fázis adatokat rezgésméréssel kell rögzíteni. A rezgésadatok felvételének a szerkezet üzemétől, a rendelkezésre álló műszerektől függően több módja is lehetséges. A rendelkezésre álló eszközök adatrögzítési lehetőségei szerint az adatok felvétele elvégezhető:

- Egyetlen csatorna triggerelt<sup>4</sup> jeléből.
- Kétszatornás adatfelvétellel.
- Többszatornás, párhuzamos adatrögzítéssel.

### 1.3.2 Előzetes vizsgálatok

A mérés végrehajtása előtt feltétlen meg kell győződni a folyamat jellegéről: előzetes mérésekkel érdemes bizonyosságot szerezni a mérési adatok várható pontosságáról, információt szerezni a szerkezet mérést befolyásolható jellemzőiről, például vizsgált frekvenciákhoz esetleg közel- vagy egybeeső rezonanciákról.

#### 1.3.2.1 Szerkezet geometriája, üzemi jellemzők felmérése

A modell megalkotásához, és későbbi elemzéséhez tanulmányozni kell a szerkezet eredeti terveit, helyszínen a tervekhez képest megvalósított szerkezeteket. Meg kell ismerni annak gyártási technológiáját, az abból potenciálisan bekövetkező hibákat, kifejlődésük jellegzetességeit. Fel kell mérni a szerkezet jellegzetes igénybevételeit, üzemállapotait, azok jellegét.

#### 1.3.2.2 Domináns frekvenciák, amplitúdók, irányok

A szerkezetre jellemző mozgás kitüntetett frekvenciáinak, amplitúdóinak meghatározásához első lépésben általában a hagyományos rezgésvizsgálati eljárások alkalmazhatók.

<sup>4</sup> Trigger-jel, vagy indító jel. Valamilyen jól definiálható eseményből származik, és más jelek rögzítésének szinkronizálásához alkalmazható.

### 1.3.2.3 Fázisviszonyok ellenőrzése

Az ODS adatok különböző módokon rögzíthetők. A szerkezet stabil üzeme mellett lehetséges hosszabb időn keresztül, pontról pontra rögzíteni az ODS adatokat. Ez esetben fontos, hogy a vizsgálat teljes időtartama alatt a rendszer fázisviszonyai ne változzanak meg.

### 1.3.2.4 Rezonanciák feltárása

A rezonancia jelensége nem csak a berendezésre káros, de a rezgés fázisát is jelentősen megváltoztatja, ezért az ODS-mérés előtt érdemes felmérni, milyen rezonanciákkal rendelkezik a vizsgált szerkezet.

### 1.3.3 Csomópontok száma – vizuális aliasing-hatás

A geometria helyes megtervezése a mérésen túl az egyik legfontosabb tényező a szerkezet állapotának kiértékelhetőségéhez, károsodások feltárásához, a mozgásképe helyes ábrázolásához és értelmezéséhez.

A mozgás alakhű megjelenítéséhez a csomópontok számának növelése szükséges. Az elvi megfontolásokon túl a gyakorlatban módosíthatják a szükséges csomópontok számát a valós szerkezet konstrukciójának sajátosságai, a várható hibahelyek száma, elrendeződése. Példa erre a nagyméretű beton szerkezeteknél, egyes építési technológiákból esetleg adódó úgynevezett munkahézag<sup>5</sup>.

Néhány ajánlás az ODS-modell csomópontjainak felvételéhez:

- Megfogások, támaszok helyein, egyenként a gerjesztőerők levezetésének minden szintjén, illetve síkjaiban.
- Csatlakozó (gép)elemek, darabok mindkét oldalán (például csökötések, karimák).
- Szerkezet inhomogén határainál, például hegesztések helyénél, geometriától függően a varratok mindkét oldalán.
- Geometria módosulásainál, például furatok, csökönyök helyeinél oldalanként.
- Potenciális hibahelyeknél, például alapok munkahézagainak környezetében.
- Csavarodások vizsgálatára síkok kijelölése szükséges.

### 1.3.4 Üzemállapot és az adatfelvétel kritériumai

Az ODS-elemzés adatai egy szerkezet különböző üzemviszonyai között rögzíthetők:

- Tranziens működés
- Ismételt működés
- Statikus működés

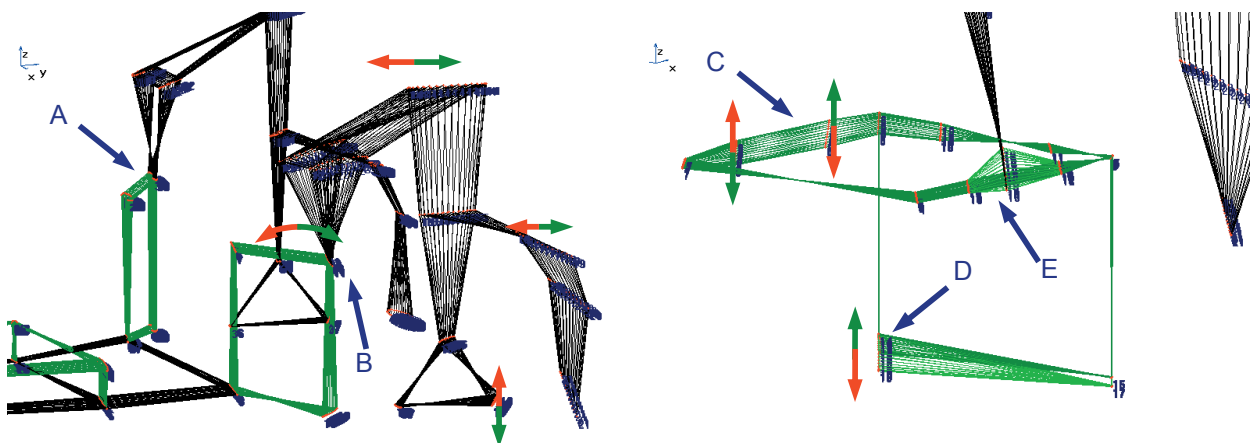
Tranziens működési állapot esetén a szerkezet csomópontjainak amplitúdó- és fázisviszonyai csak azonos

<sup>5</sup> Nagyméretű beton szerkezeteknél, gépalpnál a betontömb több menetben készülhet, a megszilárdult és a friss beton között gyengébb kötés, „munkahézag” jön, jöhet létre.

időpillanatban hasonlíthatók össze. A tranziens szerkezetmérésekhez nagyszámú mérőcsatorna és érzékelő szükséges<sup>6</sup>, továbbá megfelelő kijelző képességű, időjel szerinti elmozdulást is elemző ODS program.

Ismételhető üzemi állapotban minden egyes üzemenél pontosan ugyanaz a rezgésidőjel mérhető újra és újra csomópontként. Statikus működés esetén a mérés teljes időtartama alatt a szerkezet csomópontjaiban a rezgésének amplitúdó- és fázisviszonyai állandónak tekinthetők. A stabil állapotban működő szerkezet méréséhez elegendő egy szinkronizálható egycsatornás-, vagy egy kétszatornás mérőeszköz. Forgó- és alternáló gépek, tartószerkezeteik, alapjaik vizsgálata esetén általában statikus működési állapotot tételezünk fel, melynek érvényességét a vizsgálat pontosságának érdekében ajánlatos ellenőrizni.

### 1.3.5 Elemzési eljárás



4. ábra. Bal kép: egy kéthengeres kompresszor állószerkezetének mozgása. Az előtérben levő álló szeparátor kitérése miatt a szívócsonk erős hajlító igénybevételnek van kitéve. (B) Jobb kép: a szeparátortalp és -tartó mozgásfázisainak képe. A szeparátor tartójának több csavarja felszakadt (D), a dinamikus igénybevétellel szemben gyenge tartólemez a terhelés alatt jelentősen meghajlik (C). A szeparátor rögzítése gyenge (E). [4]

Az ODS-elemzési eljárás összetett, intuitív tevékenység, számos környezeti feltétel, rendelkezésre álló adat határozza meg. Ipari alkalmazásának során általánosan az alábbi séma követhető az adatok kiértékelésére:

- Geometria és gerjesztőerők viszonyának elemzése.
- Szerkezet helyszíni vizsgálatának megállapításai.
- Abszolút rezgésszintek kiértékelése, maximumok, minimumok.
- Fázisviszonyok szerinti kiértékelés.
- Megállapítások rögzítése.
- Működés összevetése geometriai felépítéssel.
- Előzetes vizsgálatok adatainak összevetése modellel.
- Megfigyelések leírása, álló- vagy mozgóképes illusztrációval.
- Beavatkozási javaslat, javítási tevékenység kidolgozása.
- Teljes mérési dokumentáció- és prezentáció-készítés.

<sup>6</sup>Általában 16-32 csatorna minimális kiépítést jelent, nagy szerkezetek – , mint például repülőgépek vizsgálatánál – azonban több száz csatorna jeleit is rögzíthetik párhuzamosan.

### 1.3.6 Jegyzőkönyvezés és prezentáció

Egy dinamikus jelenség, mint a mozgásoképek dokumentálása hagyományos, statikus jegyzőkönyvben nem könnyű feladat, azonban az átlagosnál alig több ráfordítással a mozgásfázisok együttes megjelenítésével, irányok, még inkább a hibák helyének megjelölésével, a károsodások leírásával elfogadható szinten megoldható.

Az alapvető dokumentációs kötelezettség teljesítése mellett, a vizsgálat eredményének átadásához, bemutatásához a gyakorlatban szükség van a szerkezet mozgásának bemutatására. A mozgásmodell megjelenítése nem csak az elemző számára teheti könnyebbé a szerkezet működésének megértését, általa egy-egy hiba tényét, a hibajelenséget könnyebben lehet tolmácsolni diagnosztikában kevésbé jártas munkatárs számára is. Ami a diagnosztikai szakember számára időjelekből, spektrumokból, jól ismert természeti törvényekből, ökölszabályokból, megfigyelésekből olykor egyértelműen következik, az a

felhasználó számára nem feltétlenül látható be. A vizsgálat eredményét a közvetlen felhasználón, az üzemeltetőn, karbantartón kívül esetleg műszaki ismeretekkel kevésbé rendelkező döntéshozó előtt kell megjeleníteni, ez esetben nem a minőségügyi- és vizsgálati előírások által megkövetelt akkurátus jegyzőkönyvezés, a mérési adatok közlése a fontos, hanem egy – természetesen tényszerű érvekkel alátámasztott – hatásos bemutatás, a hibajelenségek egyértelmű magyarázata és világos megjelenítése.

### 1.4 ODS – EGY HATÉKONY ESZKÖZ GÉPALAPOK VIZSGÁLATÁRA [5]

A rezgésvizsgálat bizonyítottan hatékony eszköz a gépállapot felmérésére, hibák azonosítására, a termelő berendezések maradék élettartamának becslésére. Bonyolult szerkezetek vizsgálatánál azonban a rengeteg mérési adat kezelésére, összefüggő elemzésére hatékonyabb



megoldás szükséges. Az ODS (Operating Deflection Shapes) egy ilyen vizuális elemző eszköz, mely akár több száz mérési adat animációs megjelenítésével segít az alapok, tartók, csővezeték-rendszerek hibáinak gyors és pontos feltárásában.

#### A feladat

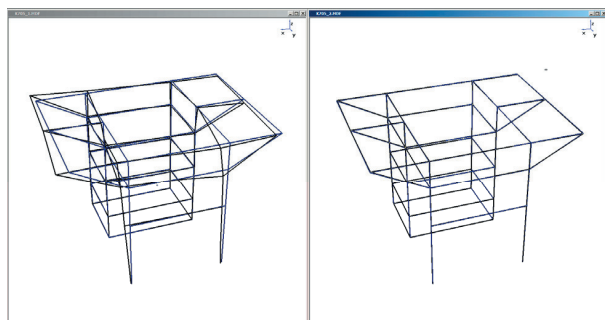
A MOL Nyrt. algyői üzemében több, a talajszinttől jelentősen megemelt, vasbeton alapokon nyugvó földgáz kompresszort telepítettek a '70-es években. A korra jellemző alapozási technológiához és az építési fegyelem be nem tartása miatt előforduló hibákhoz társuló nagy teljesítményű gerjesztés húsz év alatt meggyengítette a vasbeton alapokat, felületükön több helyen is repedések jelentek meg. Az üzemeltetés számára hangsúlyos kérdéssé vált a gépalapok állapotának felmérése, ezt követően megfelelő javítási technológia alkalmazása és eredményességének visszaellenőrzése.

#### Mi a megoldás? – Az ODS alkalmazás

Az egyszerű forgógépek elemzésénél általánosan bevált frekvenciaelemzéses vizsgálat a nagyobb bonyolultságú és értékű szerkezetek állapotának meghatározásához szükséges nagyságrendekkel több mérési adat felvétele miatt, közvetlenül nem alkalmas elemzésre. A megoldást az ODS technika adja, mely a megfelelő módszerrel rögzített rezgés adatokból a gépre jellemző működési frekvenciákon a gép mozgását annak modelljén jeleníti meg.

Ezzel a módszerrel a teljes rendszer dinamikus működése részletesen megfigyelhető, a szerkezet nemlineáris jellemzői, fellazulás, repedés, törés, fáradás könnyen azonosíthatók és helyük behatárolható.

#### Az eredmény



5. ábra. Az algyői üzem egyik dugattyús kompresszorának ODS modellje (Az alap mérete cca.: 6x5x7 m). A javítás előtt (balról) számos repedésre, törésre utaló, eltérő fázisban mozgó hely volt azonosítható. Az alapjavítás utáni modellben (jobbról) jelentősen csökkent a rezgésszint és kiegyensúlyozottabb, egységesebb lett az alap mozgása.

A kompresszor alapokról rögzített adatok ODS-elemzése alapján az alapok sérüléseit sikerült pontosan behatárolni. A MOL az alapok javítására ennek függvényében nem csak a szükséges javítási technológiát írhat-



6. ábra. MOL Nyrt. Algyő, CC2 kompresszorház, 1,5 MW-os gázkompresszorok. Az ODS technika legelterjedtebb alkalmazási területei a gépalapok, tartószerkezetek és csővezeték rendszerek hibafeltárása, ellenőrző vizsgálata. Az üzemben több költséges alapjavítás esetén az ODS technika alapvető eszközzé vált a követelmények és minőségi átvételi feltételek meghatározásához.

ta elő, de szerződéses feltételként elvárható eredményt is meg tudott fogalmazni.

Az alapok javítását műgyantás ragasztásos technológiával, több esetben acélrudas megerősítéssel végezték el.

Az ellenőrző vizsgálatok és a javítás óta eltelt idő igazolták a költségesnek és kockázatosnak látszó javítás sikerességét. A rezgésszintek csökkentek, a szerkezet mozgása kiegyensúlyozottabb, energia-elnyelése kedvezőbb lett, a csatlakozó gépelemeket, vezetékeket kisebb terhelés érte, a közvetett meghibásodások száma csökkent. A kompresszorok javított alapjai már több mint 20 éve állják a folyamatos üzemot.

## 1.5 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] S. DOUG: A case study and analysis of the Tacoma narrows bridge failure, Department of Mechanical Engineering, Carleton University, Ottawa, 1974.
- [2] C. R. PICKREL: Boeing Commercial Airplane Groupe: Airplane Ground Vibration Testing – Nominal Modal Model Correlation, Soung & Vibration, November, 2002., 7 pp.
- [3] DOBOVICZKI I.: N-716, N-717, N-718, N-719 jelű Cooper motor-kompresszor egységek alapjainak rezgésvizsgálata – ODS-elemzés, Vizsgálati jelentés, Szeged, 2002.
- [4] DOBOVICZKI I.: K-6, K-7 gázkompresszoros egységek komplex állapotvizsgálata, Vizsgálati jelentés, Szeged, 2005.
- [5] DOBOVICZKI I.: Az ODS – Egy hatékony eszköz a szerkezetek állapotvizsgálatára; Esettanulmány, Szeged, 2007.

# FIGYELMEZTETŐ FREKVENCIÁK MEGJELENÉSE A LASSÚ FORDULATÚ FOGASKERÉK HAJTÓMŰVEKBEN

Gergely Mihály\*

## 1. BEVEZETÉS

Gépszerkezetek üzemi állapotáról sokáig csak a gépmester sejtett valamit, mikor is egy fanyelű csavarhúzóval, a kritikus pontra tapintva s a füléhez illesztve a csavarhúzó nyelét, alkotta meg véleményét a vizsgált gépegységről. E vizsgálati eljárás tekinthető a diagnosztika, pontosabban a rezgésdiagnosztika alapjának.

Sok sok év elteltével a technológia rohamos fejlődésének köszönhetően, törvényszerűen egyenes út vezetett a korszerű műszerek, (érzékelők, analízátorok, tengelybeállító műszerek stb.) kifejlesztéséhez. E műszerek ma már elengedhetetlen eszközei a fejlett karbantartásnak. Az alábbiakban nagy pontosságú, különböző elrendezésű fogaskerék hajtóművekben a „kisebb”, de annál jelentősebb hibákat elemezzük.

## 2. FOGASKERÉKHAJTÓMŰVEK

Fogaskerék hajtóművek fokozott megbízhatósága, így folyamatos ellenőrzése, alkalmazási területét tekintve, bizonyos esetekben elsőrendű fontosságú. Elsősorban ott, ahol nemcsak nyomaték átvitel az elsődleges szempont, de az időben állandó mozgást és annak visszajelzését is biztosítani kell.

E szempontból lényeges a:

- játékmentes üzemmód,
- kapcsolatok stabilitása,
- megfelelő üzemi állapot.

A megfelelő üzemi állapot különös jelentőséggel bír, így a hajtáslánc elemeinek állapotát rendszeresen és megbízhatóan kell tudni ellenőrizni, értékelni anélkül, hogy üzemét le kelljen állítani.

Vizsgálatunk három alapvető változatot érint mint, a legnagyobb áttételt megvalósító lassú fordulatu egységeket:

- függőleges elrendezésű homlokkerekes hajtás,
- vízszintes elrendezésű hypoid hajtás,
- függőleges elrendezésű bolygókeres hajtás,

Mindhárom vizsgálatnál a lassú fordulatu gépegységekre jellemző frekvenciák megjelenését, fogkapcsolódási hibát, az azt kiváltó okot vizsgáltuk.

E jellemző frekvenciák, és lehetséges fogkapcsolódási hiba:

- a szubharmonikus, és
- az ismétlődési frekvencia,
- párhuzamosítól való eltérés

a fogkapcsolatban.

A tárgyalt esetek nélkülöztek a vonatkozó dokumentációt. Első lépésben egy, a hajtásrendszerekre vonatkozó „rekonstrukciót” kellett végrehajtani, így pótolva a későbbi mérésekhez illetve a spektrumok elemzéséhez szükséges adatok meghatározását.

Minden esetben két adat állt rendelkezésre:

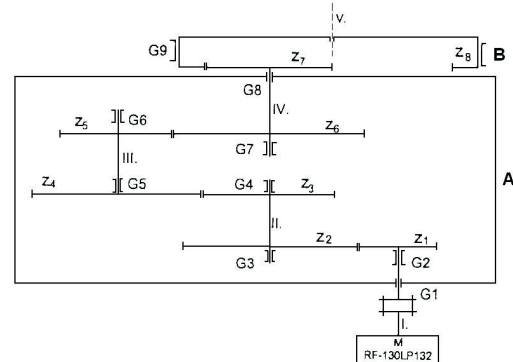
- a hajtásrendszer behajtó ( $n_0$ )
- a hajtásrendszer kimenő ( $n_{ki}$ )

fordulatszámai. A többi - az elemzéshez szükséges - adat, a spektrumképekből lett meghatározva.

### 2.1 Ismétlődési és a szubharmonikus frekvencia jelentése

#### 2.1.1 A szubharmonikus frekvencia megjelenés

Az 1. ábra függőleges elrendezésű kapcsolt hajtásegységek (A + B) kinematikai vázlatára szerint, az A jelű három-fokozatú, ferdefogazatú egységben a legnagyobb nyomatékot átvivő módosítás a  $Z_5 - Z_6$



1. ábra. A kapcsolt hajtásegység kinematikai vázlat

fogkapcsolatban van. A vonatkozó adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

jel	fogsám	$n_z$ [min]	$f_h$ [Hz]	$f_k$ [Hz]
Z <sub>5</sub>	13	52, 47	0, 8745	11, 368
Z <sub>6</sub>	21	32, 48	0, 5413	11, 368

\*okl. gépészmérnök, ACCELERATION Bt.

A **B** jelű egység belső/külső egyenesfogazatú áttételegység, melynek a vonatkozó adatait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

jel	fogszám	$n_z$ [min <sup>-1</sup> ]	$f_h$ [Hz]	$f_k$ [Hz]
Z <sub>7</sub>	24	32,48	0,541	12,992
Z <sub>8</sub>	150	5,197	0,0866	12,992

A lassú ( $30 < n_0 < 600$ ) és az ultra-lassú ( $n_0 < 30$ ) forulatú hajtásegységek fogkapcsolataiban, a leggyakoribb hibára utaló jel, a szubharmonikus és az ismétlődési frekvenciák megjelenése.

A szubharmonikus frekvencia megjelenése (2. ábra) a fogazat kialakításától független. A ferdefogazatú kerék – kialakításából adódóan – jóval zajszegényebb és nagyobb teherbírású mint, az egyenesfogazat.

E frekvencia megjelenése – hasonlóan a tengely csapágyazás esetében, mikor is a csapágy belsőgyűrűje a tengelyen elfordulhat – egy fémes csúszás következménye, amikor a fogkapcsolat nem tisztán gördülés-szerű hanem, csúszással párosul (ferde fogazat).

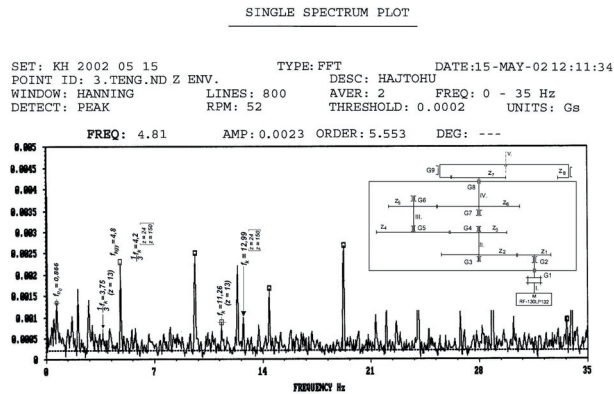
A szubharmonikus frekvencia, a fogaskerék kapcsolódási frekvenciájával is kifejezhető:

$$f_{shZ} = \frac{1}{3} f_{kz} \text{ [Hz]} \quad (1)$$

ahol:  $f_{shz}$  a vizsgált fogaskerék szubharmonikus frekvenciája [Hz]-ben,

$f_{kz}$  a vizsgált fogaskerék fogkapcsolódási frekvenciája [Hz]-ben.

A csúszással való kapcsolódás elengedhetetlen velejárója a felület kopása, ami tervezési, gyártási, szerelés technológiai hibára vezethető vissza.



2. ábra. A fogkapcsolat környezetének spektrumképe

### 2.12 Ismétlődési frekvencia

A spektrum (2. ábra)  $0 \rightarrow \sim 1, 4$  Hz frekvenciatartomány alsó sávjában jelennek meg a  $z_5 - z_6$  fogkapcsolat  $f_I$  ismétlődési frekvenciája. E jellegzetes frekvencia és harmonikusainak megjelenése egyértelműen utal tervezési hibára [01]. A hiba jelentése szerint, a hajtott kerék minden egyes fordulatóban ugyanazon fogpárkapcsolat jön létre a hajtó kerékkel.

E frekvencia meghatározható a fogszámokból és a forgási (hajtási) frekvenciákból:

$$f_I = \frac{z_{i/j}}{z_i z_j} f_{hj/i} \text{ [Hz]} \quad (2)$$

ahol:  $f_I$  ismétlődési frekvencia [Hz]-ben,

$z_i, z_j$  a kérdéses fogkapcsolat

$f_{hj/i}$  a kapcsolatban résztvevő fogaskerekek forgási frekvenciái [Hz]-ben.

A (2) összefüggéssel meghatározott frekvencia:

$z_5$  jelű fogaskerék esetében:

$$f_I = 4, 164 \cdot 10^{-2} \text{ Hz}$$

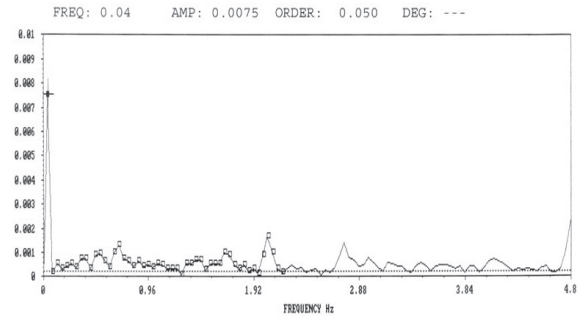
$z_6$  jelű fogaskerék esetében:

$$f_I = 4, 164 \cdot 10^{-2} \text{ Hz.}$$

A két érték azonossága igazolja a fogpárkapcsolat hibáját (fogszámok!) ami, a nagy nyomtérátvitel miatt, fogtöréshez vezethet.

A spektrumban e frekvencia  $7,6 \cdot 10^{-3} \text{ G}$ - amplitúdó értékkel van jelen, ami rezgés gyorsulásban:  $a = 7,45 \cdot 10^{-2} \text{ m s}^{-2}$ . Ez az érték az ISO 10816 szerint az I. kategória alapján a fogkapcsolatra nézve – fokozott ellenőrzés mellett – jó állapotú, egyelőre.

T: KH 2002 05 15      TYPE: FFT      DATE: 15-MAY-02 12:11:34  
 INT ID: 3.TENG.ND Z ENV.      DESC: HAJTOHU  
 WINDOW: HANNING      LINES: 800      AVER: 2      FREQ: 0 - 35 Hz  
 DETECT: PEAK      RPM: 52      THRESHOLD: 0.0002      UNITS: Gs



3. ábra

Az ismétlődési frekvencia és harmonikusai

A **B** jelű hajtásegység áttételében hasonlóan jelen van a szubharmonikus frekvencia de azt, elnyomja a  $G_8$  csapágy külsőgyűrűn kezdődő meghibásodást jelző amplitúdó.

A szint nem számottevő, de megjelenése figyelmeztető. E kapcsolt hajtásegység egyenesfogazatú, jól méretezett.

Az ismétlődési frekvencia tekintetében, körültekintően megválasztott fogszámokkal tervezett áttétel. A számítás (2) alapján meghatározott  $f_I$  frekvenciaértékek:

$z_7$  jelű fogaskerék esetében:

$$f_I = 5, 78 \cdot 10^{-3} \text{ Hz,}$$

$z_8$  jelű fogaskerék esetében:

$$f_I = 2, 254 \cdot 10^{-2} \text{ Hz.}$$

Az értékek különbözősége jelenti azt, hogy e fogpárkapcsolatban nem jön létre a fordulatonkénti azonos fogkapcsolat így, a terhelés valamennyi fogat egyelőre veszi igénybe, fogfejek (fogoldal) kopása



egyenletes. A frekvenciaspektrumban nem azonosítható. Az időfüggvényben felvett spektrum (HTF) alapján, az eredmény azonos.

### 2.12 Szubharmonikus a hypoid-hajtásban

Mint az a 2.1 pontban bemutatásra került, a homlokfogazatú kerek fogkapcsolódása bizonyos esetekben - amennyiben tervezési hiba - a csúszással való kapcsolódás, az idő függvényében bekövetkező maradandó károsodást okoz, mely rezgésméréssel kimutatható.

Az alábbiakban, egy olyan hajtáskapcsolat vizsgálata, elemzése kerül bemutatásra, melyben a fogkapcsolódás, jelentős csúszással (ld.: csigahajtás) valósul meg [01]. (Az ilyen hajtástípusokban, az átvihető nyomaték erősen korlátozott). E fogkialakítási csoportban sorolható a hypoid hajtás is.

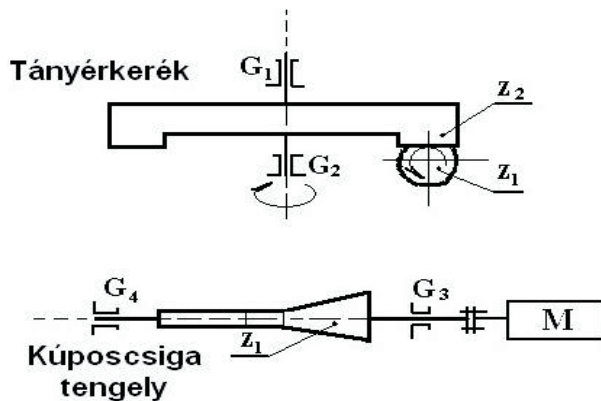
A vizsgált hajtásegység vonatkozó adatait a 3. táblázat foglalja össze:

3. táblázat

Jel	fogszám	$n_z$ [min]	$f_h$ [Hz]	$f_k$ [Hz]
Z <sub>1</sub>	3 bek.	1480	24,666	74
Z <sub>2</sub>	74	60	1	74

**Megjegyzés:** a táblázatban, a z<sub>1</sub> jelű csiga fordulatszáma megegyezik a hajtó elektromotor fordulatszámával.

A hajtás elrendezési és csapágyazási vázlatát szemlélteti a 4. ábra.



4. ábra. A hypoid hajtás vázlatja

Az előzőekben röviden ismertette lett a fogkapcsolódási jellemzője. A felvett spektrumban, várhatóan meg kell jelenjen a fogkapcsolódási frekvencia szubharmonikusa is. Az ilyen típusú hajtásokra jellemző, hogy a fogkapcsolatban a profilok egymáson, a sebességeknek a profil érintőjébe eső komponenseikkel, csúsznak (a csúszás mértéke függ a csiga bekezdéseinek számától), melyek jelentős hőtermeléssel is párosulnak. A feltételezés szerint a spektrumban, e csúszásjelenség „zajjal” jár együtt.

A felvett spektrumban (5. ábra) csak a fogkapcsolódási frekvencia és szubharmonikusa, valamint a csigatengely csapágyelem frekvenciái vannak jelölve.

A hajtást - minthogy lassú fordulatró van szó – vizsgálni kell az ismétlési frekvencia  $f_I$  megjelenésében is.

A számítás (2) alapján meghatározott  $f_I$  frekvenciaértékek:

$z_1$  jelű fogaskerék esetében:

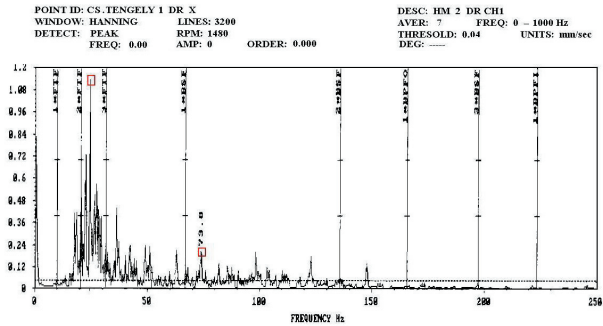
$$f_I = 8,22 \text{ Hz},$$

$z_2$  jelű fogaskerék esetében:

$$f_I = 1,35 \cdot 10^{-2} \text{ Hz}.$$

Az áttételben a bekezdésszám/fogszám megválasztása jónak mondható (az  $f_I$  értékek különbözők).

A hajtás jellemző spektrumát a 5. ábra szemlélteti:



5. ábra. A hajtásegység frekvencia-spektruma

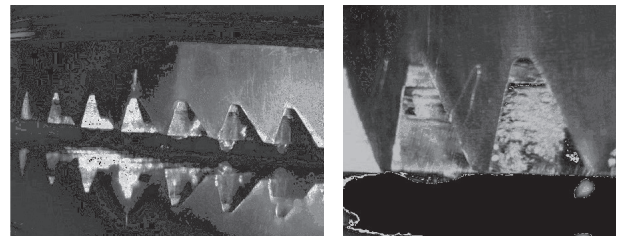
A spektrumban külön jelölve van a fogkapcsolódási ( $f_k = 73,8 \text{ Hz}$ ) és szubharmonikus ( $f_{shZ} = 24,666 \text{ Hz}$ ) frekvenciák.

Mint az várható volt, a kapcsolódó fogak csúszása a 16 – 33 Hz frekvenciatartományban, zajjal jelentkezik:

- mint gerjesztő forrás, e tartományban található a  $z_1$  csigatengely  $f_h = 24,66 \text{ Hz}$  hajtási (forgási) frekvenciája is és a csigatengelyen lévő  $G_3$  kúpgörgős csapágyak egyikének (vagy mindkettőnek!) a kosárfrekvencián  $f_k = 20,63 \text{ Hz}$  megjelenő amplitúdójú csúcs.

A csigatengely hajtási (forgási) frekvenciája gerjesztheti a szubharmonikus frekvenciát, de a tányérkerék fogazatának állapotát kis mértékben befolyásolja (rezgésszint elfogadható).

A tányérkeréről készült felvétel (6. ábra) jelentős fogfej (fogoldal) kopást mutat ami, a fogkapcsolódásból adódó csúszás eredménye:



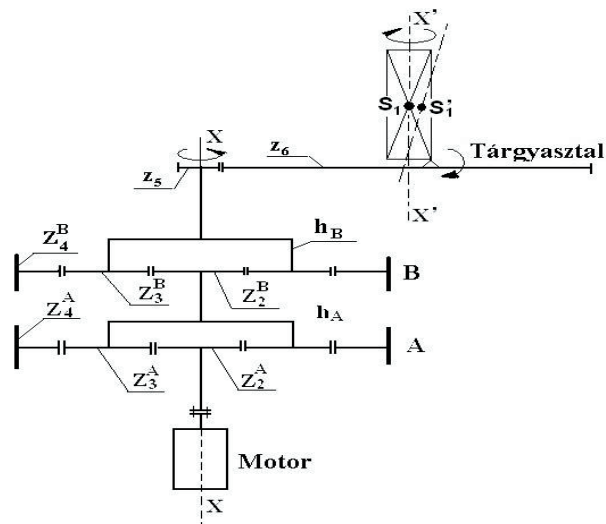
6. ábra. A tányérkerék fogazatának állapota

A bemutatott két eltérő fogazatkialakítású hajtóműben tehát, a fogkapcsolódási frekvencia szubharmonikusának megjelenési oka egyértelműen, a fogak csúszással való kapcsolódása.

## 2.2 A „párhuzamostól való eltérés(?)” a homlokfogazatú fogaskerekek kapcsolatában

### 2.21 Tömeg-kiegyensúlyozatlanság hatása a fogkapcsolatra

Elemzésünket, egy szintén függőleges elrendezésű *kapcsolt hajtásegyeségen* végezzük, melynek kinematikai felépítése a 7. ábra szerinti.



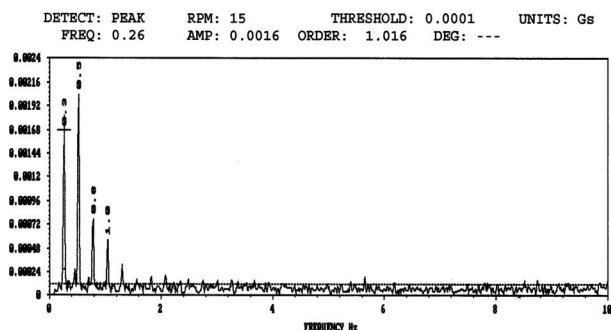
7. ábra. Bolygóműves hajtás kinematikai felépítése

A kinematikai felépítés szerint, a *hajtásrendszer* egy *kettős (A + B)*, nem azonos módosítású egyenesfogazatú *bolygóműből (KB típus)*, és a *tárgyasztalt forgató* egyenesfogazatú *áttételből* áll ( $z_5 - z_6$  fogkapcsolat). Az elemzéshez szükséges fogaskerék jellemzőket a 4. táblázat tartalmazza:

4. táblázat

Jel	fogszám	$n_z$ [min]	$f_h$ [Hz]	$f_k$ [Hz]
$Z_5$	21	100,8	1,68	35,28
$Z_6$	137	15,45	0,257	35,28

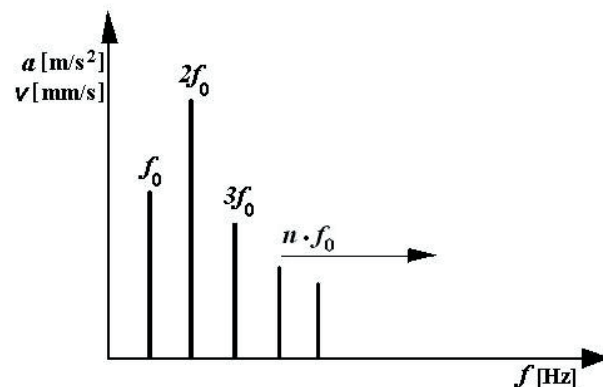
A  $z_5 - z_6$  fogkapcsolat környezetében rögzített spektrumképet a 8. ábra szemlélteti:



8. ábra. A  $Z_6$  kerék forgási frekvenciájának spektrum képe

Egy elektromotor – gépszerkezet kapcsolata általában, kapcsolóelemes egységgel, tengelykapcsolóval van

megoldva, melynek egyik feladata, az egymáshoz viszonyított helyzetbe állítás lehetőségének biztosítása.



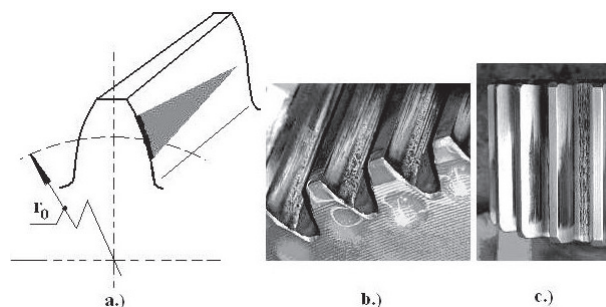
9. ábra. Gépkapcsolat excentricitási hibájának elvi spektruma

A vízszintes elrendezésű gépkapcsolat leggyakoribb *beállítási hibajelensége* [01] az *excentricitás* (a géptengelyekben párhuzamosság eltérés) beépítése a kapcsolatba. Ennek elvi frekvencia-spektruma a 9. ábra, melyben az  $n \cdot f_0$  frekvenciák is jelölve vannak ( $f_0$  = az elem forgási frekvenciája).

Minden homlokfogazatú fogaskerék kapcsolat párhuzamos, a tervezés által meghatározott tengelytávolságoknak a párhuzamostól való eltérésén belül. Ha a 8. ábrát összevetjük a 9. ábrával, a hasonlatosság egyértelmű, ám ebben az esetben más értelmezésű a hibajelenség [06].

Esetünkben a  $z_6$  hajtott kerék egy összetett feladatot lát el – forgó mozgás és nyomatékátvitel – oly módon, hogy annak *fogaskereke egyben négy pontos csapágya is*, mely magában foglalja a „tárgyasztalt” (7. ábra). A tárgyasztalra nagy pontosságú és nagy tömegű, elektromechanikus mérőegység van rögzítve.

E fogkapcsolat környezetében felvett spektrumkép alapján a kapcsolat megbontásra került, s a 10. ábra szerinti fényképfelvételek lettek rögzítve:



10. ábra. A kapcsolatban résztvevő fogaskerek fogfej (fogoldal) kopása

A 10. ábra a részlete a kapcsolódó fog elvi *kopási háromszögét* vázolja, az esetben ha, a fogkapcsolat forgástengelyeinek párhuzamossága a megengedett tűrésérték felett van.

*A lassú és ultra – lassú fordulató gépekben a kiegyensúlyozatlan forgórész rezgései, a hajtási (forgási) frekvencia két- vagy háromszorosán, magasabbak is lehetnek, mint az egyszeresnél, mert ez utóbbi torzulása az előbbieknél sokkal erősebb (8. ábra).*

A kialakult jelentős fogkopás (az ábra **b** részlete) kiváltó oka: a tárgyasztalra rögzített nagytömegű szerelvény tömeg-kiegyensúlyozatlansága, melynek eredménye a csúszással való fogkapcsolódás is. A másik ok, gyártástechnológiai hiba – az ábra **b** részletében jól látható – a fog hőkezelési hibáját jelzi. Pittinges kopás, a **b** fog felvételen, sima fényes koptt felület a könnyen szerelhető **c** fagon. Továbbá feltételezhető, a **z<sub>6</sub>** keréktestben kialakított csapágy futófelületi hibája is (megbontása nem lehetséges).

### 3. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott vizsgálati példák egyedinek tűnhetnek, de mindig található hozzájuk hasonló hajtáskialakítás, mely hasonló meghibásodási jelenségeket mutathat. Úgy a szubharmonikus, mint az ismétlődési frekvencia megjelenése, komoly veszélyt jelenthet a hajtásban. Különösen igaz ez, a lassú és az ultra-lassú fordulatszám tartományokban. E fordulatszám tartományban vizsgált gépszerkezet állapotának megítéléséhez a vonatkozó ISO nem nyújt megfelelő segítséget, de a gépet a károsodástól, az üzemkieséstől meg kell óvni.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [01] DR. DÖMÖTÖR. F. (szerk): Rezgésdiagnosztika I., 2008 Du. F.
- [02] DR. KOVÁTS A.: Gépszerkezetan (Műszaki akusztika), 1985. Budapest
- [03] J. E. Berry.: Specialists in predictive maintenance, machinery diagnostics and vibration reduction (Chapter 9, 10, 11) 1992.
- [04] GERGELY M.: Frekvenciák azonosítása többfokozatú fogaskerék-hajtóművekben, Géptervezők és termékfejlesztők XII. Országos Szemináriuma, Miskolc, 1997.
- [05] DR. APRÓ F.: Hajtóművek gépszerkezetana, 1996, Miskolc
- [06] GERGELY M.: Függőleges elrendezésű hajtásrendszerek rezgésdiagnosztikai elemzése, Magyar Karban- tartási Konferencia, Dunaujváros 2008.
- [07] DR. AMÁSI GY.: Mikrohullámú kézikönyv, 1973. Budapest.



# A MÉRÉSTECHNIKA OKTATÁSÁNAK FONTOSSÁGA A GÉPÉSZMÉRNÖK-KÉPZÉSBEN, KÜLÖNÖS TEKIN- TETTEL A KARBANTARTÁSI SZAKIRÁNYRA

Dr. Izsák Gyula\*

**Kulcsszavak:** természettudományos kutatás, mérés-technika, fejlődés, oktatás.

## BEVEZETÉS

A műszaki haladás, a tudományon alapuló technika szinte átszövi az életünk minden területét. A teljesség felsorolása nélkül magasszintű technikát alkalmazunk: energia-ellátásban, közlekedésben, hírközlésünkben, irodánkban, lakásunkban (intelligens konyha), szórakozásunkban, az orvosi gyakorlatban és sajnos a háborús alkalmazásokban, valamint a nagymérvű környezetszennyezésben is.

## A TÉMA KIFEJTÉSE

A műszaki tudomány eredményei adatokon, mégpedig megbízható adatokon alapulnak, amelyek minden vonatkozásban a legszigorúbb kritikáknak is megfelelnek. [1] A műszaki tudományos gondolkozásmódra jellemző a valóság megismerése. A valóságnak absztrakció révén megalkotjuk a fizikai, mechanikai modelljét, ezek után újabb absztrakció eredményeképpen megalkotjuk a matematikai modellt és matematikai modellt használjuk az adott terület leírására. Hosszú ideig az volt, még talán manapság is, az tekinthető kifejezetten tudománynak, amely rendelkezik megfelelő matematikai modellel. Az egyszerű matematikát egyre bonyolultabb matematikai apparátus váltotta fel. Az ezredforduló környékén a matematikai alapigazságokat (axiómákat) kétségbevonó elméletek születtek: konstruktivizmus, gender mainstreaming, amik erőteljes – főleg média – támogatást kaptak. Tulajdonképpen a racionális gondolkodásmódot érte támadás. [3] A kutatómérnök számára – a természettudományos kutatás módszerének megfelelően – a kutatás a megfigyelés, a kísérlet és a mérés hármasságán alapul. [1] Jelen vizsgálódásunkat tekintve mi a mérés fontosságára szeretnénk rávilágítani. A teljesség kedvéért el kell mondanunk, hogy az utóbbi 20 évben megjelent, és némely területen szinte kizárólagossá vált a számítógépes modellezés is mint kutatási eljárás. A mérés technika, a műszereink, a számítógéppel segített mérési eredményeink feldolgozása hihetetlen fejlődésen ment keresztül.

\**főiskolai docens, mérnök – matematikus, Dunaújvárosi Főiskola, Műszaki Intézet, e-mail: izsakgy@mail.duf.hu*

A karbantartó mérnök, mivel elvileg bármilyen területen dolgozhat – hiszen mindenütt vannak gépek, berendezések –, jó, ha felsőfokú tanulmányai során megismeri a mérési eljárásokat, és lehetőségei szerint minden területen önálló méréseket is végez. (Az orvosképzésben például a mérés technika magasszintű alkalmazása minden területen megoldott, és a mérések az első félévtől kezdve végzésig, sőt még azon túl is végigkísérik a képzésben résztvevőket. Érdekes módon itt finanszírozási problémák nem merültek fel – Magyarországon talán a legjobban finanszírozott az orvosképzés és itt a legmagasabb a költségtérítés.)

A karbantartási szakirányú – karbantartással foglalkozó – gépészmérnök a jelenségek megfigyelését, az adatokat szinte kizárólagosan mérésekből nyeri. A teljesség igénye nélkül: például kopások, nem megengedett alakváltozások, deformációk, tönkremenetek lépnek fel a berendezésekben. Ezeket a nem kívánt jelenségeket magasszintű rezgés- és akusztikus diagnosztikai eljárásokkal is tudjuk követni, előrejelezni és a nagyobb mértékű károsodásokat megelőző beavatkozásokkal elhárítani. Egy karbantartási szakember (gépészmérnök) akkor látja el jól a feladatát, ha az alkatrész vagy berendezés egészének vagy teljes egészének újra való lecserélése nélkül a javító eljárásokkal a műszaki paramétereket tekintve az újjal egyenértékű vagy annál jobb berendezést hoz létre, aminek élettartama is megközelíti vagy meghaladja az eredetiét. Ez az eljárás csak akkor ér valamit, ha mindezt kisebb vagy jelentősen kisebb költségszinten tudja megvalósítani, mint ha új berendezést vagy alkatrészt venne.

Röviden szeretném bemutatni a Dunaújvárosi Főiskolán – és annak jogelődjén – közel 40 év alatt történt mérés-oktatás főbb irányvonalait. Mivel ez elég jól áttekinthető a [4]-es számú irodalom alapján, ezért csak az oktatási folyamatra jellemző kezdő- és jelenlegi állapotot szeretném kiemelni.

1974/1975-ös tanév
Gépipari mérések tárgya: két féléves, vizsgával zárul
Mérés és modellezés tárgya: két féléves, vizsgával zárul
2009/2010-es tanév, I. félév
Gépipari és szerkezetmérések tárgya: egy féléves, évközi jeggyel zárul.

Látható, hogy a korábban 4 félévre elosztott tananyag egy féléves tárgyra lett belesűrítve, nem beszélve arról,

hogy eközben a mérés-technika is óriási fejlődésen ment keresztül.

Fontos megemlíteni, hogy az oktatásban a mérési hibáról áttértünk a mérési bizonytalanságnak az OMH (illetve most már KEH) által is proponált számítási módszereire, a nemzetközileg is elfogadott 99,7%-os megbízhatósági szintet is tanítjuk a hagyományos 95%-os megbízhatósági ( $2\sigma$ ) szint mellett.

A mérés-technika oktatását mind minőségileg, mind mennyiségileg jelentősen növelni kell, célszerű lenne, ha másutt nem is, de a karbantartási szakirányon mindenképpen, hogy minden félévben legyen valamilyen mérés tárgy, vagy legalább legyen olyan tárgy, amelyben mérések is vannak. [2]

Indoklás:

- a technika robbanásszerű fejlődése
- az ún. tanrend korszerűsítések legtöbbször a „drága” mérések lecsökkentésével, kiiktatásával párosultak
- a fizika mint tárgy oktatásának válsága (általános és középiskolában jelentős óraszámcsökkentés, szak- középiskolákban a kötelező fizika érettségi fakultatív- vá degradálása, az óraszámcsökkentés legtöbbször a mérések, kísérletek szinte teljes kiiktatásával járt)
- a mai világunkban gyakorlatorientált mérnökökre van szükség, akik a szakmájukhoz köthető legtöbb mérési eljárást ismerik, és lehetőségeik szerint a gyakorlatban is használják.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A Dunaújvárosi Főiskolán a jól felszerelt laborok és megfelelő oktatóbázis adott, ezért mindenképpen sürgősen meg kellene valósítani a mérés-technika oktatásának kiterjesztését. Oktatási intézményekben és más kutatóhelyeken a jövő szempontjából döntő, hogy milyen szinten szeretettjük meg a méréseket és alkalmassá tesszük-e a jövő szakembereit korszerű, nagy pontosságú mérések elvégzésére, akár egyénileg, akár csoportmunkában.

## IRODALOM

- [1] DR. BERÉNYI D.: Hogy látja ma egy fizikus a világot? In: Vigilia, 2010/7. szám
- [2] DR. POÓR I.: Fizikai laboratóriumi mérések, Tankönyvkiadó, Bp. 1992
- [3] DR. TOMKA F.: A szexuális forradalomtól a gender-forradalomig In: Távlatok, 2010/1. szám
- [4] DR. KOPPÁNY I., LADÁNYI G., DR. VÍGH S.: A mérés-technika oktatásának tapasztalatai a Dunaújvárosi Főiskolán (előadás és cikk), MOHR Konferencia, Pécs, 2002



**Jövőjára van.**

**MACH-TECH** 

**2011. május 17–20.**

**Üzlet van.**

Látogasson el Ön is a MACH-TECH 10. Nemzetközi gépgyártás-technológiai és hegesztés-technikai szakkiallításra a HUNGEXPO Budapesti Vásárközpontba!

Társrendezvény: ELECTROcom Nemzetközi elektronikai, kommunikáció- és elektrotechnikai szakkiallítás.

Konferenciákkal, kiállítói fórummal, pályázati tanácsadással várjuk látogatóinkat.

Diáknap: 2011. május 20. (péntek)

Honlapunkon online regisztráció működik, mely ingyenes belépésre jogosít:

[www.hungexpo.hu/mach-tech](http://www.hungexpo.hu/mach-tech)

# SZAKASZOS HŐBEVITEL KÖVETKEZMÉNYEINEK VIZSGÁLATA ELLENÁLLÁS-PONTHEGESZTÉSKOR

## EFFECTS OF PULSED ENERGY INPUT ON RESISTANCE SPOT WELDING

Juhász Dániel\*, Dr. Balogh András\*\*

### ABSTRACT

*In the last decades due to the remarkable development of electronics application of pulsed energy input played more and more significant role both in fused and pressure welding processes. When the heat input is not continuous, it is possible to control the quantity of heat energy to be introduced into the base material. By means of controlled energy input the welding of thin sections and limitedly weldable materials as well as welding in out-of-flat position welding became possible.*

*In paper authors summarise the characteristics of pulsed energy input for resistance spot welding, outline the technological effects of its application. Conclusions drawn from theoretical considerations are validated by experimental way using unlimitedly weldable mild steel and a high strength steel requiring controlled heat input.*

**Kulcsszavak:** ellenállás-ponthegesztés, szakaszos hőbevitel, hegesztési tartomány, nagyszilárdságú acél

### 1. BEVEZETÉS

A több lépcsős energia-bevitel előnye abban rejlik, hogy a hegesztés során az anyagba bevitt hőenergia mennyisége előre-pontosan tervezhető és megvalósítható. Ellenállás-ponthegesztéskor az adagokban történő energia-bevitellel, a szünetek közötti hőelvezetés hatását kihasználva, a folyamatos hőbevitelű (egyimpulzusos) ponthegesztéshez képest, a hegesztendő anyagba anélkül tudunk több energiát bejuttatni, hogy a hegesztés során az anyagot helyileg túlhevítsük. Ennek eredménye a hegesztési munkatartomány (*welding lobe*) bővülésében és/vagy stabilizálódásában jelentkezik [9].

A tömeggyártás termelékenysége és gazdaságossága érdekében fontos, hogy az automatizált gyártósorok hegesztő robotjai hosszú ideig, beavatkozás nélkül tudjanak dolgozni, a gyártási folyamatot a ponthegesztő elektródok kopásából, szennyeződéséből, és egyéb hatásokból származó munkapont-eltolódás miatt ne kelljen megszakítani. A mozgó elemek a tömegük csökkentése érdekében a kedvező szilárdság/tömegarányú nagyszilárdságú szerkezeti anyagok felhasználását igénylik. A nagyszilárdságú anyagok a kedvező mechanikai tulajdonságaikat többnyire különleges alakítástechnológiák, illetve különböző ötvöző elemek révén nyerik, ezek a hegesztéskor bekövetkező edződés veszélyét fokozzák/fokozhatják. Hegeszthetőségi tartományuk ennek következtében igen szűk tartományra koncentrálódik, amelytől való csekély eltérés már igen kis darabszám hegesztése után bekövetkezhet, hibás varratot, selejt munkadarabot eredményezve. Az automatizált gyártás, valamint a nagyszilárdságú szerkezeti anyagok felhasználása szempontjából a hegesztési munkatartomány bővítésének és stabilizálásának fontossága tehát kiemelt jelentőséggel bír.

\*Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, e-mail: juhasz.daniel@uni-miskolc.hu

\*\* egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, e-mail: balogh.andras@uni-miskolc.hu

lárdságú szerkezeti anyagok felhasználását igénylik. A nagyszilárdságú anyagok a kedvező mechanikai tulajdonságaikat többnyire különleges alakítástechnológiák, illetve különböző ötvöző elemek révén nyerik, ezek a hegesztéskor bekövetkező edződés veszélyét fokozzák/fokozhatják. Hegeszthetőségi tartományuk ennek következtében igen szűk tartományra koncentrálódik, amelytől való csekély eltérés már igen kis darabszám hegesztése után bekövetkezhet, hibás varratot, selejt munkadarabot eredményezve. Az automatizált gyártás, valamint a nagyszilárdságú szerkezeti anyagok felhasználása szempontjából a hegesztési munkatartomány bővítésének és stabilizálásának fontossága tehát kiemelt jelentőséggel bír.

### 2. A SZAKASZOS HŐBEVITEL JELLEMZŐI ELLENÁLLÁS-PONTHEGESZTÉSÉNél

Ellenállás-ponthegesztés során a munkadarabok hegesztéséhez szükséges hőenergia magában a hegesztendő munkadarabban keletkezik. Ebből kifolyólag szakaszos hőbevitelű eljárás és hatásmechanizmusa az ömlesztő hegesztéseknél ismert, nem folytonos hőbevitelű technikáktól alapvetően el fog térni [7, 8, 9, 10].

#### 2.1. Az ellenállás-ponthegesztés hőforrása

Az ellenállás-hegesztés hőforrása a villamos árammal átjárt vezetők hatásos ellenállásán fejlődő ellenálláshő. A Joule-Lenz törvény értelmében a szilárd fázisú villamos vezetőt a rajta átfolyó áram a teljes térfogatában hevíti, a következő nagyságú energiával:

$$E = \int_{t=0}^{t_h} I(t)^2 \cdot R_e(t) \cdot dt \quad (1)$$

ahol:

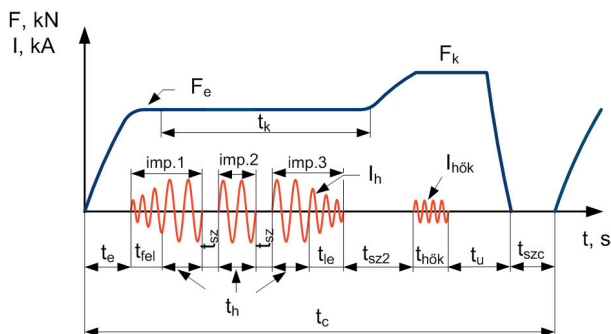
- $E, J$ : a villamos ellenálláson fejlődő energia,
- $I, A$ : az ellenálláson átfolyó áram erőssége,
- $R_e$ : az eredő ellenállás nagysága,
- $t, s$ : idő,
- $t_h, s$ : hegesztési idő.

A fejlődő hőenergia nagysága tehát az áramerősségtől, ellenállástól és az időtől függ. Az összefüggésből jól látszik, hogy a hegesztő áram a többi tényezőnél magasabb kitevővel szerepel, vagyis a fejlődő hőenergia nagyságára legerőteljesebb hatással ez lesz [1, 6].



## 2.2. A szakaszos hőbevitel

Az (1) összefüggésből következik, hogy az ellenállás-ponthegesztés során az impulzustechnika alkalmazásával a hegesztő áram által a munkadarabban keletkező hő nagyságát, ezáltal a kötés kialakulásának körülményeit tudjuk befolyásolni. Az impulzusárammal történő ellenállás-ponthegesztés folyamatát 1. ábrán látható ciklusdiagramon (munkarendi ábra, folyamatábra) kísérhetjük figyelemmel [7, 8, 9, 10].



1 ábra. Az ellenállás-ponthegesztés összetett ciklusdiagramja váltakozó áramú hegesztésnél

Az előszorítási idő ( $t_e$ ) alatt az elektródok összezárnak és a beállított szorítóerővel a két megtisztított felületű lemez között kontaktust létesítenek. Amikor az elektróderő ( $F_e$ ) elérte a kívánt nagyságot, az áramátfolyási szakasz kezdődik. A hegesztő áram a beállított felfutási idő ( $t_{fel}$ ) után az előválasztott értéket eléri. A szabályozható áramfelfutás célja a hegesztendő anyag hővezetési képességének megfelelő hevítési sebesség biztosítása az esetleges repedések elkerülése érdekében [1, 6].

A szakaszos hőbevitelt a hegesztő főidőn belül ( $t_h$ ) a szünetidőkkel ( $t_{sz}$ ) megszakított váltakozó áramimpulzusok hozzák létre. Megfigyelhető, hogy fel- és lefutás csak az első és utolsó áramimpulzusnál állítható, a közbensők-nél nem.

A ciklusdiagramban a lefutási idő ( $t_c$ ) szerepe a hűlési sebesség szabályozása, ezzel az arra hajlamos anyagok esetében a hűlés során bekövetkező edződési veszély csökkenthető [6].

A következő szakaszban az áram lefutását követően a heglencse dermedésekor az elektróderő megnövelhető (szokásos érték a hevítési elektróderő 2...3-szorosa). A művelet célja a hegesztés során az ömledék kristályosodásakor keletkező folytonossági hibák (szívódási üregek, gázpórusok) mennyiségi csökkentése, ha lehetséges teljes kiküszöbölése, valamint a szemcsefinomítás. Ez a szakasz a kovácsolási erő szakasza ( $F_k$ ), ideje a kovácsolási idő. A kovácsolási szakasz magában foglalja a hőkezelés szakaszát ( $t_{hök}$ ,  $I_{hök}$ ). A ponthegesztés során alkalmazott hőkezelési művelet a ponthegesztett szerkezet költséges utóhőkezelését hivatott kiváltani, hátránya azonban, hogy a hegesztési ciklus időtartamát megnöveli, amelynek következményeként időegység alatt kevesebb ponthegesztett kötés készíthető [1, 6].

## 2.3. A szakaszos hőbevitel hatása a ponthegesztett kötésre

A több lépcsőben történő energiabevitel és az egyes hőimpulzusok közötti szünetek nagysága biztosítja az anyagban keletkező hőmennyiség egyenletesebb eloszlását, aminek hatásaként vastagabb lemezek és edződésre hajlamos anyagok, illetve különleges ötvözetek hegesztése is megvalósíthatóvá válik [3, 4, 6].

Folyamatos hőbevitelű ponthegesztés esetén a kívánt nagyságú hőenergia bevitel az anyagba egyszerre valószínűleg. A hegesztőáram bekapcsolásakor az átfolyó áram hatására az anyag hőmérséklete gyorsan nő (a hevítési sebesség elérheti a néhány 1000 °C/s-ot), egy meghatározott időpillanatban a munkadarabok közötti érintkezési felületen meghaladja a szolidusz hőmérsékletet és az anyag helyileg megolvad. A hevítési folyamat végére a megolvadt fém hőmérséklete általában 10...15%-kal haladja meg a likvidusz hőmérsékletet. Az áram kikapcsolásakor kezdődik az ömledék kristályosodása. A heglencsét határoló szilárd anyag hőmérséklete az olvadéktól távolodva rohamosan csökken, nagy a hőmérsékletgradiens, emiatt a heglencse gyorsan hűl, a kristályosodás sebessége a 42 mm/s-os nagyságot is elérheti [1].

A több impulzusos hőbevitel esetén a lejátszódó folyamat a fent ismertetettől némiképp eltér. A hőbevitel több lépésben, adagokban történik. Az egyes hőimpulzusok között lehetőség nyílik az anyagban a hőelvezetésre, az olvadék hűlni-, az őt határoló szilárd anyagréz pedig melegezni tud, vagyis csökken a heglencse és a környező anyagréz közötti hőmérséklet-különbség, csökken a hőmérsékletgradiens. Az újabb hőadag(ok) bevitelénél a olvadék egyre lassabban hűl, a vele közvetlen érintkezésben lévő szilárd anyagréz pedig tovább melegszik, míg eléri a szolidusz hőmérsékletét és megolvad, aminek következtében a folyadék fázis folyamatosan egyre nagyobb térfogatokra terjed ki. Az impulzusszám ( $N_i$ ) növelése tehát a pontátmérő növekedését vonja maga után [2, 7, 8, 9, 10, 12].

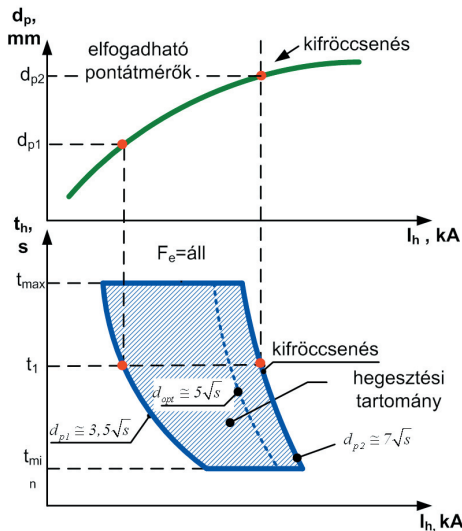
## 2.4. A szakaszos hőbevitel hatása a ponthegesztés technológiájára

Az MSZ EN ISO 14327:2004 szabvány szerint egy ponthegesztési feladat megoldására számításba vehető hegesztő idő ( $t_h$ ) és hegesztő áram ( $I_h$ ) kombinációkat az állandó elektróderőhöz ( $F_e$ ) tartozó hegesztési tartomány, az elektróderő és hegesztőáram ( $I_h$ ) kombinációkat pedig az állandó hegesztő időhöz ( $t_h$ ) tartozó hegesztési munkatartomány (*welding lobe*) jelöli ki.

Hőimpulzusos ellenállás-ponthegesztéskor ugyanazt a hőmennyiséget több szakaszban, szünetek közbeiktatásával generáljuk. Az egyes hőimpulzusok közötti szünetidőben a hevített térfogat az anyagban végbemenő hővezetéssel a következő hőimpulzus kezdetéig valamelyest hűlni tud. Ennek következményeként a *welding*

lobe jobb oldali határát kijelölő kifröccsenés (2. ábra) várhatóan nagyobb hőáram alkalmazása során fog bekövetkezni, mint folyamatos hőbevitelű (egyimpulzusos) ponthegesztés alkalmazásakor.

Hőimpulzusos ellenállás-ponthegesztés során tehát az állandó elektróderő esetére érvényes hegesztési áram-idő tartomány szélesedésével számolhatunk, egyidejűleg a kifröccsenés határvonalát jelző szaggatott vonal jobbra tolódása várható [7, 8, 9, 10].



2. ábra. Ponthegesztési áram-idő tartományok származtatása állandó elektróderő esetére (a pontátmérőre vonatkozó képletek tájékoztató jellegűek)

### 3. A SZAKASZOS HŐBEVITEL ALKALMAZÁSÁNAK HATÁSA AZ ELLENÁLLÁS-PONTHEGESZTÉS MUNKARTOMÁNYÁRA

Az ellenállás-ponthegesztés munkatartományának ismerete egy ponthegesztési feladat sikeres megvalósításának elengedhetetlen feltétele. A hosszú idejű, megszakítás nélküli, automatizált gyártási folyamatok, illetve a nehezen hegeszthető anyagok esetében a folyamat-stabilitás kérdése kulcsfontosságú, a hegesztési tartomány alakjával és méretével függ össze. A technológiai folyamat stabilitásának javítása a tartományok szélesítésével és/vagy bővítésével biztosítható. A 2.3. és 2.4. pontokban tett elméleti megfontolások szerint erre a szakaszos hőbevitel alkalmazása kiváló lehetőségnek kínálkozik. A következőkben a szakaszos hőbevitel hegesztési tartományra gyakorolt hatását kísérleti úton vizsgáljuk.

#### 3.1. A hegesztési tartományok felvételének kísérleti körülményei

A kísérletek végrehajtására a Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszékének Hegesztő Laboratóriumában került sor, TECNA 8007 típusú egyfázisú, váltakozóáramú, programozható pont- és dudorhegesztő gép alkalmazásával.

A kísérlethez szükséges anyag megválasztásánál tekintettel voltunk arra, hogy az ellenállás-ponthegesztést legnagyobb arányban a gépjárműgyártásban, a karosszéria elemek hegesztésekor alkalmazzák. A gépkocsi karosszéria elemeket jellemzően mélyhúzással állítják elő, éppen ezért a kísérleti vizsgálatok alapanyagául az MSZ EN ISO 10130:2007 szabványnak megfelelő DC 01 jelű,  $s=1$  mm vastagságú acélt választottuk.

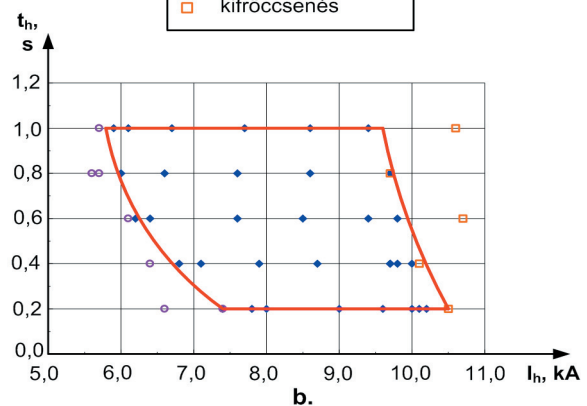
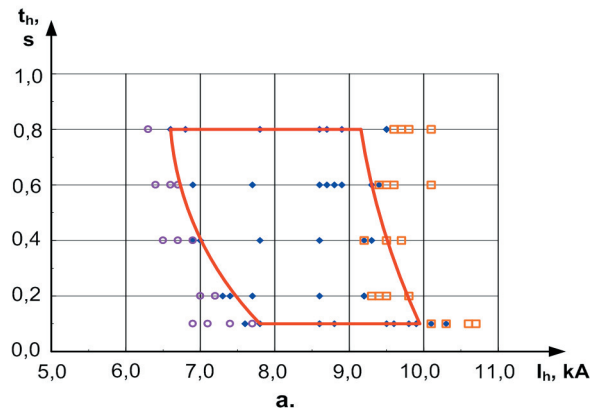
A hegesztés az MSZ EN 25184:1995 szabvány B típusának megfelelő csonkakúp végződésű alsó és felső elektróddal történt. Az elektródok homloklapjának átmérőjét a lemezvastagság függvényében a (2) összefüggés alapján számítottuk ki.

$$d_e = 5 \cdot \sqrt{s} = 5 \cdot \sqrt{1} = 5 \text{ mm} \quad (2)$$

#### 3.2. A hegesztési tartományok kísérleti felvétele

A hegesztési tartományok meghatározási módja a kísérleti eredményekből történő felvétel. A kísérletes felvétel körülményeit MSZ EN ISO 14327:2004 szabvány tartalmazza.

##### 3.2.1. Állandó elektróderőre érvényes hegesztési tartomány



3. ábra Állandó elektróderőre érvényes hegesztési tartomány DC 01 jelű,  $s=1$  mm-es lemezre vonatkozóan a.: folyamatos hőbevitelre; b.: szakaszos hőbevitelre

Az állandó elektróderőre vonatkozó hegesztési tartomány kísérleti felvételek az elektróderő értékét a lemezvastagság függvényében az RWMA (*Resistance Welding Manufacturing Alliance*) ajánlása alapján  $F_e=2$  kN-ra választottuk.

A hegesztési idő értékének minimumát az extrakemény munkarendre jellemző  $t_h=5$  per-nál ( $t_h=0,1$  s, ha  $f=50$  Hz) határoztuk meg, a hegesztő idő maximumát a lágy munkarend tartományába eső  $t_h=40$  per értéknél ( $t_h=0,8$  s) maximáltuk.

Szakaszos hőbeviteli módként szimmetrikus kétimpulzust alkalmaztunk, az egyes hőimpulzusok közötti szünetidő (*cold time*) értékét előkísérletek eredményei alapján  $t_{sz}=0,3$  s értékben vettük fel.

Szimmetrikus kétimpulzus alkalmazásakor a TE-550 jelű szabályozó egységgel szerelt TECNA 8007 típusú ponthegesztőgép a beállított hegesztő időt az egyes hőimpulzusokra vonatkoztatja. A hegesztési tartomány felvétele során ezt a jelenséget figyelembe vettük.

A kísérleti eredményekből meghatározott DC 01 jelű,  $s=1$  mm-es vastagságú lemezre érvényes, állandó elektróderőre vonatkozó hegesztési tartományokat egymással összehasonlítva, jól szembejön, hogy a szakaszos hőbeviteli tartomány, a folyamatos hőbeviteléhez viszonyítva mind az alsó-, mind a felső határát tekintve észrevehető módon szélesedett. A legkisebb  $t_h=0,2$  s-os hegesztési idő beállításakor a szélesedés főként a hegeszthetőség felső határára nézve történt, oly módon, hogy míg folyamatos hőbeviteli ponthegesztéskor már  $I_h=9,8$  kA-es nagyságú hegesztőáram kifröccsenést okozott, addig a szimmetrikus kétimpulzusos hőbevitel esetén ez az érték az  $I_h=10$  kA-es nagyságot meghaladta. Ez a tendencia a további hegesztő időkhöz tartozó áram-értékeket vizsgálva is látható, azzal a különbséggel, hogy az időt növelve nemcsak a tartomány felső határa tolódik el a nagyobb és kedvezőbb értékek irányába, hanem az alsó határ áram-értékeinél is egyre jelentősebb szélesedés jelentkezik, mégpedig az alacsonyabb értékek irányában.

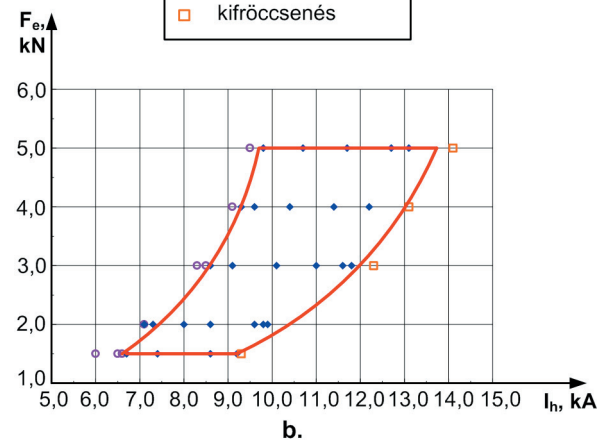
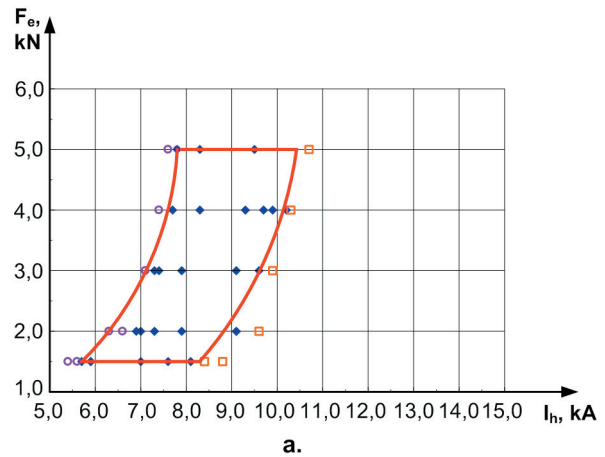
### 3.2.2. Állandó hegesztési időre érvényes munkatartomány

A konstans hegesztési idő értékét a lemezvastagság függvényében az RWMA ajánlása alapján  $t_h=0,2$  s-os nagyságban rögzítettük.

A kísérlet végrehajtásakor az elektróderő értékének minimumát  $F_e=1,5$  kN-os értéknél vettük föl, az elektróderő maximumát  $F_e=5,0$  kN-os értékben határoztuk meg. Szakaszos hőbeviteli módként szimmetrikus kétimpulzust alkalmaztunk, az egyes hőimpulzusok közötti szünetidő (*cold time*) értékét, a korábban tett megfontolásnak eleget téve,  $t_{sz}=0,3$  s-ra választottuk.

A kísérleti eredményekből meghatározott DC 01 jelű,  $s=1$  mm-es vastagságú lemezre érvényes,  $t_h=0,2$  s-os állandó hegesztő időre vonatkozó hegeszthetési tartományokat egymással összehasonlítva, itt is jól látható az a hatás, amelyet a hőciklusok közé megfelelően választott nagyságú szünetidő eredményezett.

A szakaszos hőbeviteli tartomány, a folyamatos hőbeviteléhez viszonyítva jobbra tolódott, valamint mind az alsó, mind a felső határánál észrevehető módon bővült.



4. ábra. Állandó hegesztési időre érvényes hegesztési tartomány DC 01 jelű,  $s=1$  mm-es lemezre vonatkozóan a.: folyamatos hőbevitelre; b.: szakaszos hőbevitelre

Sorszám	Hőimpulzusok száma (N)	Hőimpulzusonkénti hegesztő főidő ( $t_{h1}$ ), s	Hegesztő áram ( $I_h$ ), kA
1	1	0,6	9,0
2	2	0,3	8,9

1. táblázat. Az alkalmazott ponthegesztési paraméterek

A legkisebb  $F_e=1,5$  kN-os elektróderőt működtetve, a hegeszthetőség alsó határa, mintegy 1 kA-es nagysággal jobbra tolódott, emellett az az intervallum, amely megfelelő pontkötéseket eredményezett a körülbelül 2,5 kA-es nagyságról 3 kA-es-re szélesedett.

Az eltolódás a nagyobb elektróderők irányában egyre intenzívebben folytatódott. Míg folyamatos hőbeviteli



ellenállás-ponthegesztés esetén  $F_e=5,0$  kN-os elektróderőt alkalmazva a tartomány alsó határa 8 kA körül volt, addig szakaszos hőbevitellel hegesztve ez majdnem 10 kA-re növekedett. A megfelelő pontkötést eredményező áramintervallum ilyen elektróderőnél a folyamatos hőbevitelnél adódó nem egészen 3 kA-ról, 4 kA-es nagyságúra, (vagyis 33,3%-kal) szélesedett.

#### 4. NAGYSZILÁRDSÁGÚ ACÉL FINOMLEMEZ PONTHEGESZTÉSE SZAKASZOS HŐBEVITELLEL

A nagyszilárdságú acélok ömlesztőhegesztéséhez hasonlóan a ponthegesztése is csak igen szűk energia tartományban lehetséges. A gyártás során az elektródkopás, szennyeződés, továbbá egyéb hatások következtében e keskeny intervallum igen nehezen tartható. A hegesztési tartománytól való csekély eltérés is nem megfelelő kötést, selejt szerkezetet eredményezhet. A szakaszos hőbevitel nyújtotta előnyök (munkatartomány-szélesítés, a hegesztendő darabban kialakuló kedvezőbb hőmérséklet-eloszlás) különösen az ilyen nehezen hegeszthető anyagok esetében érvényesülnek [9, 5, 11].

##### 4.1. Kísérleti körülmények

A kísérletekhez felhasznált anyag az EN 10137-2 szabvány szerinti S 690Q jelű, nemesített,  $s=10$  mm vastagságú nagyszilárdságú szerkezeti acél volt.

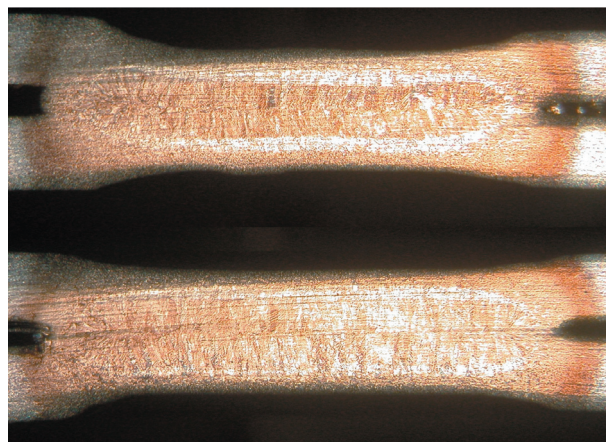
A rendelkezésre álló anyag vastagsága az ellenállás-ponthegesztéssel feldolgozható, szokásos mérettartományon ( $s \leq 3$  mm) kívül esett, ezért azokból  $s=1$  mm vastagságú próbatesteket készítettünk. A próbatestek megtervezésekor abból indultunk ki, hogy a szükséges legkisebb mértékű forgácsolással lehessen ponthegesztésre alkalmas darabokat előállítani. A ponthegesztett próbák kizárólag laboratóriumi szövetelemzés és keménység-eloszlási vizsgálat céljára készültek, ezért a próbatestek hosszát és szélességét 50x50 mm-es nagyságban állapítottuk meg.

Szakaszos hőbevitelként az idáig alkalmazott szimmetrikus kétimpulzust használtuk, az egyes hőimpulzusok között  $t_{sz}=0,3$  s-os szünetidőt állítottunk be. A kísérletek technológiai paraméterei az 1. táblázatban találhatóak.

##### 4.2. A pontkötések metallográfiai vizsgálata

Az 5. ábrán látható makroképek jól tükrözik az 2.3. pontban ismertetetteket, az ábra alsó részén lévő, szimmetrikus két hőimpulzussal készített kötés megömlött része nagyobb, mint a felső részen bemutatott folyamatos hőbevitel alkalmazása mellett ponthegesztett varraté. A két varrat hőhatásövezetének méretében is különbözik egymástól. A folyamatos hőbevitellel készített pontkötés hőhatásövezete az olvadékból kristályosodott kötérszészhez viszonyítva láthatóan nagyobb távolságra terjed ki,

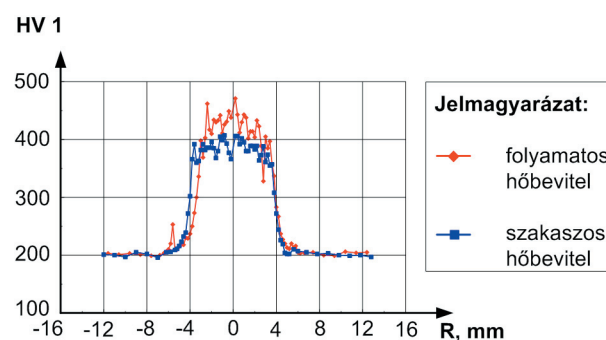
mint az ugyanezen paraméterek alkalmazásával készített szakaszos hőbevitelű pontvarraté. A két kötés egymástól láthatóan az elektródok benyomódásának nagyságában is eltér egymástól, ennek mértéke észrevehetően felső (folyamatos hőbevitellel hegesztett) próbatesten nagyobb.



5. ábra. A szakaszos és folyamatos hőbevitellel készített pontkötések összehasonlítása (felül a folyamatos hőbevitellel készített, alul a szakaszos hőbevitellel készített próbatest makroképe látható)  $N=40\times$

##### 4.3. A folyamatos és szakaszos hőbevitel alkalmazása mellett kialakuló keménység-eloszlás

A hegesztéshez felhasznált anyag a CR ISO 15608:2000 szabvány szerinti csoportosításban a 3-as főcsoportba tartozik. A hegesztett kötés megengedhető maximális keménység értékéről az EN ISO 15614:2004 szabvány rendelkezik, ezek alapján az S 690Q acélban a megengedhető maximális keménység, hőkezeletlen állapotban 450 HV.



6. ábra. Keménységeloszlás a ponthegesztett kötésben

A keménységmérést a MITUTOYO MVK-H1 típusú mikrokeménység-mérő berendezéssel végeztük.

A próbatesteken a keménységmérést a varratban és a hőhatásövezetben  $Dx=0,2$  mm-enként a lemezvastagság felénél végeztük. A kapott eredmény az 6. ábrán látható. Az ábrát elemezve megfigyelhetjük, hogy folyamatos hőbevitelnél a maximális keménység 471 HV 1 érték volt, ez a nagyság az EN ISO 15614:2004 szabvány sze-

rinti ajánlás felső határát meghaladja, így a folyamatos hőbevitellel hegesztett kötés már nem minősíthető megfelelőnek. Szakaszos hőbevitel esetén a keménységcsúcsok alig haladták meg a 400 HV 1-es értéket, vagyis bebizonyosodott, hogy a varrat hülési sebessége a két hőimpulzus közé iktatott szünetidőnek köszönhetően valóban lassabb volt, mint folyamatos hőbevitelű ponthegesztésnél, ennek jótékony hatása pedig a kevésbé rideg szövetszerkezetben jelentkezett.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakaszos hőbevitel széleskörű elterjedése a hegesztések terén jelentős előnyökkel jár. Ellenállás-ponthegesztés esetén a nem folytonos energiabevitel alkalmazásának hatásai az elméleti megfontolások és a kísérleti vizsgálatok alapján az alábbiakban foglalhatók össze:

1. a szakaszos hőbevitel hatásmechanizmusának elemzéséből megállapítottuk, hogy növekvő impulzusszám növeli a kialakuló pontátmérők nagyságát, ezt a nagyszilárdságú acélon végzett kísérleti eredmények is alátámasztják;
2. lágyacéllemezekeken elvégzett vizsgálatok bizonyították, hogy folyamatos hőbevitel helyett szakaszost alkalmazva a ponthegesztés munkatartomány (welding lobe) bővül;
3. a nagyszilárdságú acélon végzett kísérletek eredményeinek alapján kijelenthető, hogy a szakaszos hőbevitel kedvező megoldást jelent az ilyen, ellenállás-ponthegesztéssel nehezen hegeszthető korszerű anyagok hegesztési problémáira.

## SUMMARY

*Extensive spread of discontinuous energy input in welding is thought advantageous. On the basis of theoretical considerations and experimental results effects of applying pulsed energy in case of resistance spot welding can be summarised as follows.*

1. *on the basis of affecting mechanism of pulsed energy input it was stated that the rising number of pulses increases the formed nugget diameter, this conclusion is confirmed by results of spot welding experiments carried out for high strength steel;*
2. *investigations made on mild steel sheets proved that the use the pulsed energy input instead of continuous one the welding lobe (in computer language: the welding window) widens;*
3. *From the experimental results concerning the high strength steels it can be established that the pulsed (discontinuous) energy input offer a favourable solution on the welding problems of such advanced but difficult weldable materials.*

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondunk a Gépipari Tudományos Egyesületnek, amiért meghívásuk alapján Juhász Dániel a 30. Balatoni Ankéten előadást tarthatott a GTE Hegesztési szakosztályának Nyomástartó Edények és Csővezetékek Hegesztése szakbizottsága Diplomaterv pályázatán első díjat nyert, Dr. Balogh András témavezetésével készített diplomatervének témájából.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] ORLOV, B. D.: Ellenállás-hegesztés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980
- [2] GOULD J. E.: An Examination of Nugget Development during Spot Welding, Using Both Experimental and Analytical Techniques, Welding Journal, 1987. January, p.: 1s-10s
- [3] KILLING, R.: Welding Processes and Thermal Cutting, DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf, 2001 (English Edition, Vol. 1)
- [4] GIRISH, P., KELKAR, P.: Why use multiple-impulse resistance welding?; <http://www.weldingconsultant.com/ImpulseWelding.pdf>, 2004
- [5] POGGIO, S.; PONTE, M.; GAMBARO, C.; ADAMOWSKI, J.: Resistance Spot Welding of Advanced High Strength Steel DP600 <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2005/LINK/45.pdf>;
- [6] SZUNYOGH L.: Hegesztés és rokontechnológiák; Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 2007 (in Hungarian)
- [7] JUHÁSZ D.: Ellenállás-ponthegesztés munkatartományának szélesítési lehetősége több impulzusos hőbevitellel, TDK dolgozat, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, (konzulens: Dr. Balogh András), 2008; p.:1-49
- [8] JUHÁSZ D., BALOGH A.: Possibilities for Widening of RSW Weldability Lobe by Multi-Pulse Welding, XXIII: microCAD, Nemzetközi Tudományos Konferencia, 2009, L szekció: Anyagtudomány és Mechanikai Technológiák, p.: 37-42
- [9] JUHÁSZ D.: Szakaszos hőbevitel következményeinek vizsgálata ellenállás-ponthegesztéskor, Egyetemi diplomaterv, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, (tervezésvezető: Dr. Balogh András), 2009, p.:1-135 (in Hungarian)
- [10] BALOGH A.: Szakaszos energiabevitel ömlesztő- és sajtolóhegesztéseknél, Hegesztéstechnika, XX: (2009), 1. szám; p.: 7 – 12 (in Hungarian)
- [11] L. CORTÉZ, V. H.; REYES, VALDÉS, F. A.: Understanding Resistance Spot Welding of Advanced High Strength Steel, Welding Journal, 2008. Decembre, p.:36-40
- [12] SRIKUNWONG C.; DUPUY T.; BIENVENU Y.: Numerical Simulation of Resistance Spot Welding Process Using FEA, [http://www.boulder.nist.gov/div853/events%20-%20Welding%20Conference/Weld\\_Papers/1-2%20Srinkunwong-manuscript-pdf.pdf](http://www.boulder.nist.gov/div853/events%20-%20Welding%20Conference/Weld_Papers/1-2%20Srinkunwong-manuscript-pdf.pdf)Technique,

# ON-LINE ÉS HELYSZÍNI OLAJ- ÉS GÉPÁLLAPOT DIAGNOSZTIKAI RENDSZEREK

Kertay Nándor\*

## ABSTRACT

*The requirement for on-line machinery and oil condition monitoring is becoming evermore apparent as maintenance costs increase and production capacity and equipment performance is maximized. The on-line oil diagnostic instruments have been designed to accomplish the three primary objectives of oil analysis:*

- Control the lubricants condition locally
- Control contamination (insolubles, water) which can contribute to the inadequate operations of machines
- Detect and analyze wear debris – machinery condition analysis, detecting abnormal wearing

## BEVEZETÉS

Az on-line gépállapot figyelés egyre inkább szükségszerű része a nagy értékű gépek állapotfüggő és preventív karbantartási rendszereinek. A termelő berendezések gyártási kapacitása egyre nő, a berendezések sokszor teljesítményük maximumán dolgoznak, ezzel arányban drágul a karbantartásuk. A termelési folyamat kulcsberendezéseinek műszaki meghibásodás miatti kiesése nemcsak tetemes javítási karbantartási költséget jelent, hanem sok esetben ennél is nagyobb veszteséget okoz a termelési folyamat kényszerű leállása miatt elmaradt haszon. Az on-line olajdiagnosztikai berendezések kialakítása lehetővé teszi, hogy az olajelemzés 3 fő célját egyszerre megvalósíthassuk:

- A kenőolaj állapotának ellenőrzése az adott kenési helyen
- A kenőolajba jutott szennyeződések (szilárd részecskék, víz) feltárása, amely összefüggésben lehet a gép rendellenes működésével
- A fémkopadékok kimutatása és elemzése – gépállapot elemzés, a rendellenes kopási folyamatok feltárása a folyamat kezdeti fázisában

A kenőolaj jellemzők változásának folyamatos nyomon követése azonnali információt nyújt a karbantartónak nemcsak a kenőanyag töltetben, hanem az annál rendszerint sokkal értékesebb gépben bekövetkező rendellenes üzemi folyamatokról, lehetőséget adva a preventív karbantartási műveletek elvégzésére.

Minél értékesebb egy berendezés, minél nagyobb veszteséget okoz a termelésből való kiesése, annál nagyobb jelentőségű az on-line olaj- és gépállapot ellenőrzés; ezért az on-line rendszer alkalmazásának fő területei ipari berendezések:

- gáz- és gőzturbinák
- fűtőerőművek
- alacsony és közepes fordulatszámú dízelmotorok és gázmotorok
- nagyteljesítményű ipari hajtóművek
- hidraulikus rendszerek
- kompresszorok
- hengerművek
- papírgyártó gépsorok
- bányagépek

## EREDMÉNYEK

Az olaj- és gépállapot ellenőrző szenzorok alkotta monitoring rendszer jelentősen növeli a gépek produktivitását, üzembiztoságát, csökkenti a karbantartási költségeket és fokozza a jövődolgozósságot.

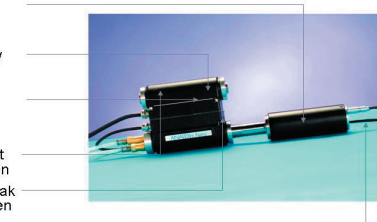
A hazai kínálatban is elérhető on-line olajszenzor sorozat négy tagból áll:

- 3/8"-os belső menetű csatlakozás a gyors beépíthetőség érdekében
- IP65 szerinti szigetelés, amely alkalmassá teszi ipari használatra
- Robusztus öntöttvas ház, amely tartós és árnyékolja a mágneses teret
- Az ipari standard elektromos csatlakozások széles skálája rendelkezésre áll
- LED kijelző, amely a szenzor állapotát vizuálisan is megjeleníti



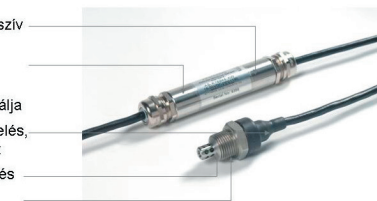
### Fémrészecske érzékelő

- A légbefúvósos vagy dugattyús változat ipari berendezések sokaságához felhasználható
- Robusztus öntöttvas ház, amely erős és árnyékolja a mágneses mezőt
- IP65 szerinti szigetelve, amely alkalmassá teszi az ipari felhasználásra
- Referenciatermék az ellenőrzött hőmérséklet stabilitás érdekében
- LED kijelző a szenzor állapotának vizuális megjelenítése érdekében
- Az ipari szabványos kimenetek széles skálája lehetővé teszi a sokoldalú csatlakoztathatóságot



### Teljes vasfém-kopadék részecske érzékelő

- Rozsdamentes acél ház – masszív és hosszú élettartamú
- Az intelligens szenzor integrált elektronikával, az interface lehetőségek széles skáláját kínálja
- Kiváló minőségű vezetékcsatlakozás, az autóiipari szabványok szerint
- Nagy nyomásálló üveg szigetelés
- Széles körben használt 1/2"-os külső menet, könnyű és gyors csatlakoztathatóság



### Víztartalom érzékelő

\*okl. járműgépész mérnök, okl. tribológiai szakmérnök, Tribologic Kft.



Kiváló minőségű vezetékzigetelés az autóiipari szabványok szerint

Rozsdamentes acél ház – masszív és hosszú élettartamú

Az intelligens szenzor integrált elektronikával, az interface lehetőségek széles skáláját kínálja

Arany bevonatú érzékelő felület – hosszú élettartam, kiemelkedő érzékenység

Széles körben használt 1/2"-os külső menet, könnyű és gyors csatlakoztathatóság



*Olajállapot érzékelő*



Az on-line olajállapot diagnosztikai rendszer alkalmazásának előnyei:

- Távoli vagy nehezen megközelíthető gépek kenési rendszerének on-line monitorozására használhatók, ahol a rendszerfelügyelet nem oldható meg állandóan jelenlevő karbantartó személyzettel (szélgenerátorok, terepen elhelyezett kompresszorok, gázmotorok stb.)
- Valós időben megmutatja a rendellenes kopási folyamat kezdetét, lehetővé téve a karbantartóknak az azonnali beavatkozást.
- Valós időben kimutatja a kenőanyagba jutó szennyeződések és vizet, amely a kenőanyag állapotának gyors romlását, illetve a gép kopását, korrózióját okozná.
- A rendszer karbantartási költsége éves szinten kedvező
- A számítástechnika fejlődése többféle adatátviteli lehetőséget kínál, beleértve a vezeték nélküli adatátvitelt is, ami egyszerűsíti a kommunikációt az ipari berendezések már meglévő állapotfelügyelő rendszereivel, és lehetővé teszi a szenzorok könnyű illesztését a meglévő rendszerekhez is.
- A szenzorok a kenési rendszer sajátosságainak megfelelően alkalmazhatók külön-külön, illetve bármilyen kombinációban.

## HELYSZÍNI OLAJDIAGNOSZTIKÁRA ALKALMAS HORDOZHATÓ KÉSZÜLÉKEK

A helyszínen, hordozható olajdiagnosztikai készülékekkel elvégezhető olajvizsgálat szintén lehetőséget nyújt a mérnököknek és a karbantartóknak a gyors és hatékony hibafeltárára. A nem megfelelő minőségű hajtó- és kenőanyagok azonosítása lehetővé teszi a potenciális meghibásodások okainak felderítését még azelőtt, hogy a berendezések károsodása vagy a károk súlyosbodása bekövetkezhetne.

Abban az esetben, ha a helyszíni olajvizsgálatok elvégzésére alkalmas hordozható készülékek megfelelő pontosságú mérésekre alkalmasak, és elektronikus adattárolóval is rendelkeznek, a rendszeres állapotvizsgálat könnyű trendelemzést tesz lehetővé, és segít elkerülni a költségsen javítható súlyos géphibák kialakulását.

A helyszíni olajvizsgálatra alkalmas korszerű készülékekkel szemben az alábbi elvárások támaszthatók:

- Legyen alkalmas többféle olajállapot jellemző gyors és pontos vizsgálatára
- Robusztus és megbízható kivitelű legyen, hogy a méréseket el lehessen végezni rideg környezetben vagy nehéz terepviszonyok között is.
- Pontossága tegye lehetővé a karbantartással kapcsolatos megalapozott döntések meghozatalát
- Rendelkezzen elektronikus adattároló egységgel és képes legyen kommunikálni PC-vel a trendelemzés megkönnyítése érdekében

A kenőolaj állapota szempontjából meghatározó helyszíni vizsgálatok:

- Kinematikai viszkozitás mérése
- Teljes bázisszám (TBN) meghatározás
- Teljes savszám (TAN) meghatározás
- Oldhatatlan anyag tartalom mérés
- Víztartalom mérés
- Vasfém típusú fémkopadékok mennyiségének meghatározása

A dízel hajtóanyagok üzemi jellemzőire a gyorsan elvégezhető helyszíni vizsgálatok adnak támpontot:

- sűrűségmérés
- lobbaspont mérés
- zavarosodási pont meghatározása.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az on-line és helyszíni olajvizsgálatok iránti igény az utóbbi években világszerte gyorsan nő. A Tribologic Kft. – felismerve ezt a tendenciát – elérhetővé kívánja tenni ezt a korszerű technológiát a hazai felhasználók részére is.

## SUMMARY

*The demand on the on-line and on-site lubricants and fuel analysis is growing rapidly and sharply worldwide. The Tribologic Ltd. has come aware of the situation and implemented this modern technology thus it is easy available also for the local industrial users.*

# FORGÓGÉP DIAGNOSZTIKAI EREDMÉNYEK ÉS ARMATÚRA DIAGNOSZTIKAI PROGRAM A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

*Kiss Gábor\*, Odor Ervin\*\**

## BEVEZETÉS

A mai modern diagnosztikai vizsgálatok segítségével egy forgógép, vagy motoros tolózár teljes gépészeti és villamos rendszerének működőképessége ellenőrizhető, elektromos, ill. mechanikai hibája feltárható. A működőképesség tényének ellenőrzését a Paksi Atomerőműben bevezetésre kerülő ASME rendszerű Karbantartás Hatékonyság Monitorozási program indikálja, a mélyebb információkat igénylő vizsgálatoknak pedig egy optimalizált karbantartási rendszer alkalmazása esetén van létjogosultsága.

Ahhoz, hogy a karbantartás optimalizálható legyen, és az optimalizálási folyamat hosszú távú gazdasági előnyökkel járjon, nem elegendő a számos diagnosztikai mérési adat, berendezés műszaki-, állapot és élettartam információ megléte. Egyrészt ezen információkat hatékonyan kell tudni integrálni és megjeleníteni a szituáció meg kívánta függvénykapcsolatok szerint, másrészt az adott cégnél alkalmazott karbantartási stratégiának is alkalmazkodnia kell a kívánt optimalizálási folyamat-hoz.

A Paksi Atomerőmű speciális helyzetben van ebben a tekintetben. Berendezései között legnagyobb súlya és jelentősége azoknak a biztonsági rendszereknek van, amelyek akár súlyos üzemzavari szituáció esetén is a reaktorok biztonságos leállítását szolgálják. Az ilyen berendezésekre jelenleg olyan hatósági előírások vonatkoznak, amelyek megkívánják a merev ciklus szerinti revíziós és karbantartási tevékenységeket. Az emiatt kiadódó viszonylagosan magas karbantartási költségek csökkentésére és a túlkarbantartások elkerülésére kiüt-ként jelentkezik az alacsonyabb biztonsági besorolású berendezések esetén végrehajtható karbantartási stratégiaváltás, amelynek eredményeképpen az ezen berendezések esetében alkalmazható állapotfüggő illetve kockázat alapú karbantartási rendszerek bevezetése jelenthet megoldást.

A Paksi Atomerőműben a 2000-es évtől kezdve fenn-dülőben levő, és egyre nagyobb hangsúlyt kapó állapot felügyeleti tevékenység eredményeképpen számos új diagnosztikai technológia, módszer és rendszer került bevezetésre.

---

\*MVM Paksi Atomerőmű, Műszaki Igazgatóság, Műszaki főosztály, Diagnosztikai csoport [kiss-g@npp.hu](mailto:kiss-g@npp.hu)

\*\*MVM Paksi Atomerőmű, Létesítmény Fenntartási Igazgatóság, Karbantartási főosztály, Forgógép Karbantartási osztály [odore@npp.hu](mailto:odore@npp.hu)

A nyugati atomerőművekben kialakult, és kötelező jelleggel alkalmazott speciális primerkörü és reaktor zajdiagnosztikai technikákon kívül a forgógép- és motoros hajtású tolózár diagnosztikák jelentik a modernizálás fő útját.

Az anyagban részletezésre kerül a Paksi Atomerőműben kialakított és folyamatosan végzett forgógép állapotvizsgálati program néhány jelenlegi mérőföldköve és eredménye, valamint a bevezetés alatt álló motoros armatúra diagnosztikai program, amelyet a karbantartás szerves részévé kívánunk tovább fejleszteni.

## 1. FORGÓGÉP DIAGNOSZTIKAI RENDSZER

A forgógépekre általánosan elmondható, hogy mechanikai állapotukban beállt változást a működési paraméterekben megvalósult változások mutatják meg. A működési paraméterek közül a mechanikai rezgésállapot változása a meghibásodás jellegét szembetűnően mutatja. Ezért a mechanikai rezgések nyomon követése a forgógépek állapotvizsgálatának egyik sarokpontja. Emellett különböző kiegészítő vizsgálatok és az üzemi paraméterek figyelése is fontos információ forrás a berendezés állapot megismeréséhez.

## VIZSGÁLATOK, RENDSZERES MÉRÉSEK

A forgógép rezgésmérések jelenleg közel 700 forgógépen ciklikusan valósulnak meg. A mérendő forgógépek kiválasztása alapvetően biztonsági, termelési és üzemeltetési szempontok alapján történt. A mérési ciklusidők meghatározása pedig figyelembe veszi az egyes gépek működési ciklusait, az adott gép meghibásodásának biztonságra és termelőkiesésre gyakorolt hatását, valamint az adott gép biztonsági (ABOS) besorolását is. A mérendő gépek száma a rendszer 1996-os bevezetése óta folyamatosan nőtt. A géplista és a mérési ciklusidők rendszeres felülvizsgálatra szorulnak különös tekintettel az üzemidő hosszabbítás és a biztonsági rendszerek tekintetében követelményként fellépő ASME alapú karbantartás hatékonyság monitorozási program bevezetése miatt.

Minden vizsgált forgógépen a tér 3 irányában a hozzáférhető, mechanikailag stabil helyeken, általában a csapágybakokon végzünk méréseket. A gépeken teljesítménytől, felépítéstől és geometriai méretektől függően

2-4-8 mérőhelyet képeztünk ki, amelyre csavarkötéssel rögzítjük a rezgés gyorsulás érzékelőt a mérés folyamán. Minden gépen 2 frekvenciatartományban mérünk (a forgási frekvencia 10-szereséig és 100-szorosáig), valamint átlagos Sebesség RMS mérést is végzünk (10Hz-1kHz frekvenciatartományú átlagolt érték), ezen túl a gördülőelemes csapággal szerelt gépek esetében demodulált spektrumok felvétele is megtörténik. Kiegészítő vizsgálatként, termográfias vizsgálatokat végzünk a csapágyhibák eredményesebb behatárolása céljából.

Az off-line mérések a DLI DCX típusú analizátorokkal készülnek, amelyek már a helyszínen elemezhetők és értékelhetők. Az analizátor tartalmazza a szabálybázisú szakértő rendszerrel támogatott kiértékelő szoftvert is, amelynek eredményei egy közös, központi adatbázisba kerülnek.



DCX analizátor és FLUKE TI-30 hőkamera

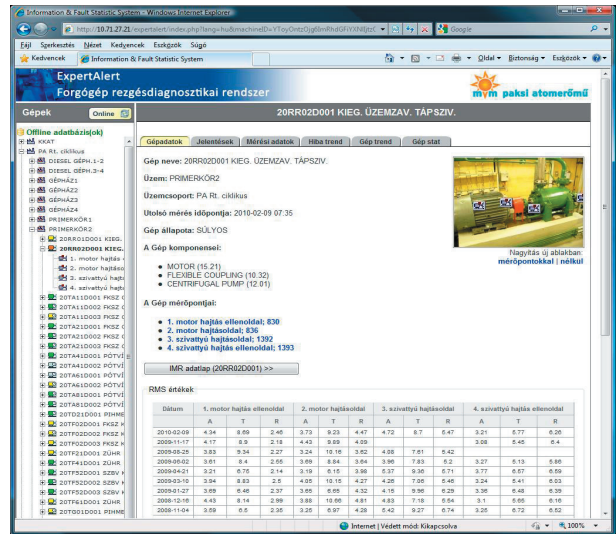
A szakértő rendszernek köszönhetően a vizsgálat eredménye már a mérést követően szóbeli, négyfokozatú súlyossági osztályba sorolt diagnózisban realizálódik, részletezve az adott berendezésen elvégzendő javasolt javítási tevékenységet is. A szakértő rendszer segítségével nagytömegű forgógép rendszeres napi vizsgálatai átfogóan végezhetők, a diagnosztika számára nagy könnyebbséget jelent csak a hibásnak jelzett gépekre fókuszálva, az automatikus diagnosztikai ítéletek ellenőrzésére szorítkozni. Jól beállított és rendszeresen finomhangolt rendszer esetén a szakértő rendszer 96-98%-os hatékonysággal működik.

### EREDMÉNYEK MEGOSZTÁSA, VISSZACSATOLÁS:

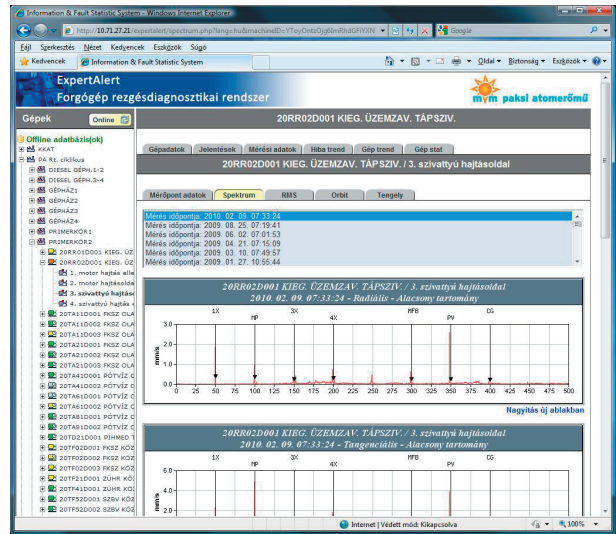
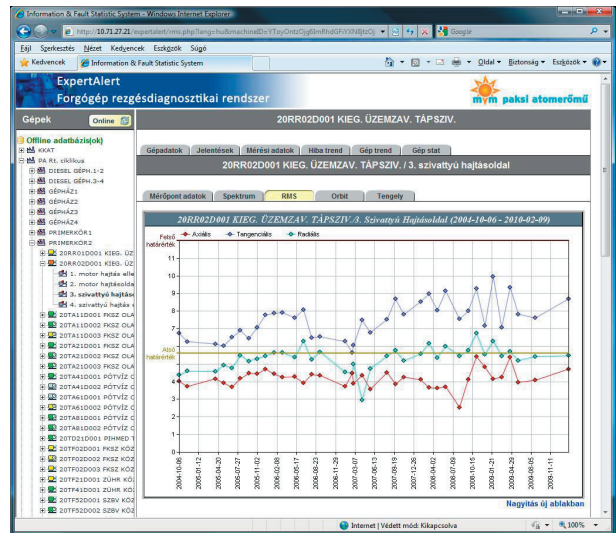
A forgógép diagnosztikai rendszer adatbázisai SQL alapúak, integrálják az off-line és on-line rendszerek által gyűjtött adatokat.

Az ExpertAlert rezgésdiagnosztikai, valamint a ThermoAlert termoképező rendszer hasonló intranetes megjelenítő felülettel bír. A termoképező rendszer együtt működve a rezgésdiagnosztikai rendszerrel képes az egyes diagnózisok megerősítésére, valamint az azonos gépekről különböző időben készült termoképek maximális, minimális és átlag hőmérsékletű pontjai közötti trendek létrehozására.

A mérési eredmények az eredő hibásúlyosságtól függően jelentésre kerülnek a karbantartási döntéshozattal megbízott berendezés felelősi szervezet számára.

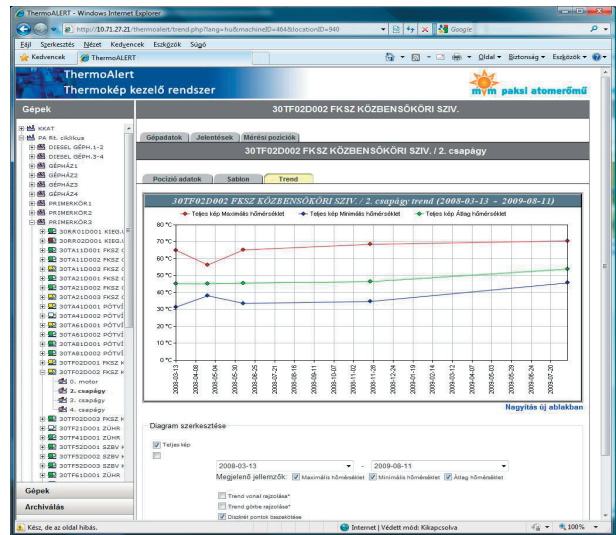
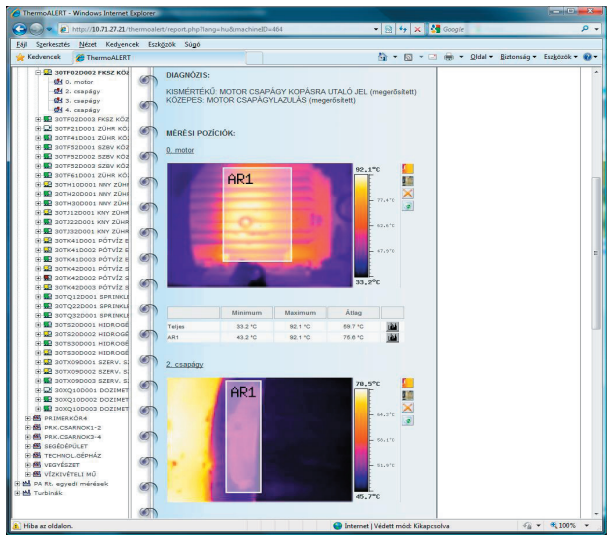


ExpertAlert: Berendezés adatlap



ExpertAlert: Sebesség RMS trend és spektrum megjelenítés





ThermoAlert: Hőképek a megerősített diagnosztikával és hőmérsékleti trendek

Az eredmények megosztásának másik módjaként létrehoztunk egy kizárólag belül működő blog rendszert, amelyen keresztül az összes on-line diagnosztikai adatbázis és rendszer elérhető, illetve alkalmas a rendkívüli vizsgálatok, mérések megosztására. Ezen a blog oldalon a kollegák számára hasznos információk és belső oktatási anyagok is megtalálhatóak.

A karbantartási adatok visszacsatolása is döntő fontosságú a diagnosztikák tökéletesítésében. A karbantartás végrehajtó szervezet és a diagnosztikai mérést végzők, valamint a karbantartó mérnökök közötti folyamatos egyeztetések eredményeképpen több kritikus hibát és visszatérő problémát sikerült hatékonyan feltárni. Ennek a folyamatnak az elősegítésére a karbantartási és a diagnosztikai adatbázisok integrációja érdekében komoly lépéseket tettünk. Az adatbázisaink által szolgáltatott adatok az Integrált Műszaki Rendszerben történő megjelenítése és a karbantartási adatok diagnosztikai adatbázisban való megjelenítése is ezt a célt szolgálja.

### Diagnosztika

Közérdekű információk, munkánk

Kezdőlap
Forgógép
Reaktor és primerkör
Motors armatúra
Termográfia
Egyebek
Elérhetőgépek

#### A(z) "Forgógépdiaosztika" kategória archívuma

**40YA63D001 járókerék átalakítással kapcsolatos vizsgálatok**

2010. július 19. hétfő. közzétett: kisag. téma: Forgógépdiaosztika. 0 hozzászólás

- Jelentes 40YA63D001 átalakítás előtti és utáni mérési sorozatról
- jkv\_40YA63D001\_2010\_rezges\_jarokerekcere\_elott-utan (meléklet)

**4. blokki 'X' rendszerek 24 órás járatása a 2010-es főjavítás alatt**

2010. július 7. szerda. közzétett: Schmidt András. téma: Forgógépdiaosztika. 0 Termográfia. 0 hozzászólás

Címlekt: 24 órás járatás. 40q002. dízel. küts. magyar dízel. gd. rezgés mérés. rr. termográfia. th. tj. tv. változás. zuhr.

**4. blokki 'X' biztonsági rendszerek, főjavítás alatti, 24 órás járatása során gyűjtött adatok elérhetőek.**

ATH járatás munkaprogramja.

A ZUHR és egyéb szivattyúk (40TJ41D001, 40TF41D001, 40TL07D002) rezgés mérési RMS értékeinek táblázata, valamint a termográfia vizsgálatok összefoglalója.

Forgógép diagnosztikai jelentés a 40TH20D001-ről és egy értékelés a motor melegedéséről.

**Problémás forgógép lista**

Heti frissítés

**Témák**

- Forgógépdiaosztika
- Primerkört diagnosztika
- Idégenst det. rendszer
- Termográfia
- Inf...

**Linkek**

- ExpertAlert Forgógép diagnosztikai rendszer
- Forgógép diag. rendszer (régi)
- Idégenst det. rendszer
- ThermoAlert

**Oldalak**

- Forgógép
- Reaktor és primerkör
- ALPS Idégenst detektáló rendszer
- Reaktorraj
- Motors armatúra
- Termográfia
- Egyebek
- Elérhetőgépek

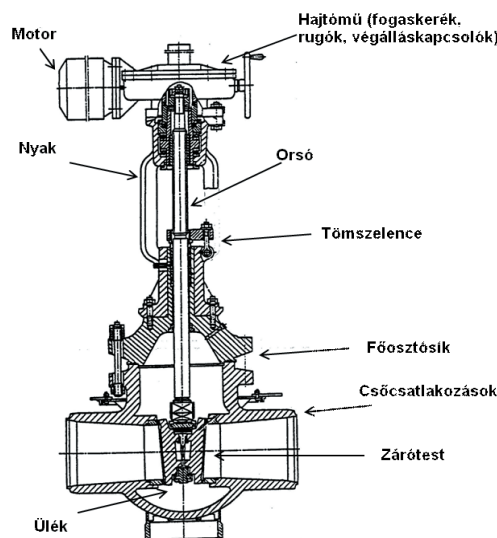
**Archívum**

- 2010. július
- 2010. június
- 2010. május
- 2010. április

Diagnosztika blog oldal

## 2. MOTOROS TOLÓZÁRAK ÁLLAPOT-FELÜGYELETI PROGRAMJA

Motoros tolozarak igen nagy számban megtalálhatóak az Erőművünk technológiai rendszerében. Ezek karbantartásának optimalizálása döntő fontosságú. Az elmúlt öt évben a költségek csökkentése és a rendelkezésre állás növelése céljából itt is homloktérbe kerültek az optimalizált stratégiák.



Motoros tolozár felépítése és képe

Vizsgálat	Mivel vizsgáljuk?	Mit ad eredményül?	Megjegyzés
1. Motor áram és teljesítményfelvétel teljes futás mentén	UDS	Kiszakítási és zárasi karakterisztikák Orsó kenési, geometriai és menethibák Motor állapot Áram és teljesítmény mérése fázisonként	ASME KHM megkívánja
2. Öntartó tekercsek körének ellenőrzése	UDS	Futásidő meghatározás Vezérlőkör ellenőrzése	ASME KHM megkívánja
3. Orsóerő és nyomaték mérése	UDS + spec érzéklők	Nyomaték beállítás (nyitás-zárasi) Nyomaték tartalék meghatározás (Nyomatékgazdálkodás a karbantartás tervezettségéhez)	
4. Tömítések meghúzási nyomaték ellenőrzése	Kalibrált nyomaték-kulcs	Osztósík tömörség Karimák tömörsége Tömszelence tömörsége	
5. Ultrahangos áteresztés ellenőrzés	CTRL UL 101	Áteresztés a záró testen (tömörzárás) Szivárgás ellenőrzés a tömítő felületeken	ASME KHM megkívánja

1. táblázat

Az 1. táblázat azt mutatja meg, hogy motoros tolózárak esetében modern diagnosztikai módszerek alkalmazásával egy teljes nyitás-zárás folyamata közben milyen információk nyerhetők ki:

A Motoros tolózárak esetében tehát a vizsgálati elv főként a következő méréseken alapul:

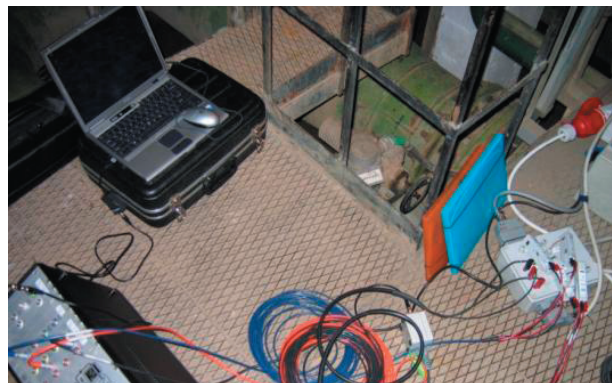
- Motor áram és teljesítmény felvétel a működtetés során
- A végállás kapcsolók öntartó körének áram- és feszültségmérése
- A mozgó orsó erő és nyomatékmérése
- Kiegészítésként ultrahangos áteresztés detektálás

A diagnosztikai rendszerrel történő állapot ellenőrzések biztosítják azt, hogy a karbantartás tervezőnek a motoros szerelvények aktuális állapotáról egyértelmű képe van. A mérések eredményeként kapott információ felhasználható a különböző ellenőrzések ütemezéséhez, a szelep ill. hajtómű felújításának előrehozatalához vagy elcsúsztatásához. Az új rendszerek kiépítésekor, vagy az új szerelvények beépítésekor felvett alapállapot segítségével és a későbbi ellenőrző mérésekkel jól nyomon követhető a szerelvények állapotában bekövetkezett változás.

A diagnosztikai rendszer beszerzésével kapcsolatos eredeti célkitűzés az volt, hogy egyértelmű képet kapjunk az armatúra diagnosztikai rendszer működtetésével a szerelvények műszaki állapotáról a költséges és időigényes szétszerelés helyett, illetve optimalizálni lehessen a javítási, karbantartási ciklusokat, megvalósítható legyen az állapotfüggő karbantartás és a rendelkezésre állás biztosítása.

Erre a feladatra cégünk 1996-ban vásárolta meg a MOVATS3500 típusú diagnosztikai rendszert a motoros

szelepek, diagnosztikai vizsgálatára. A rendszer az idő multával elavult, így 2003-ban a 3500-as rendszert lecseréltük az Crane Nuclear Universal Diagnostic System-re (UDS), jelenleg is ezt a rendszert használjuk.



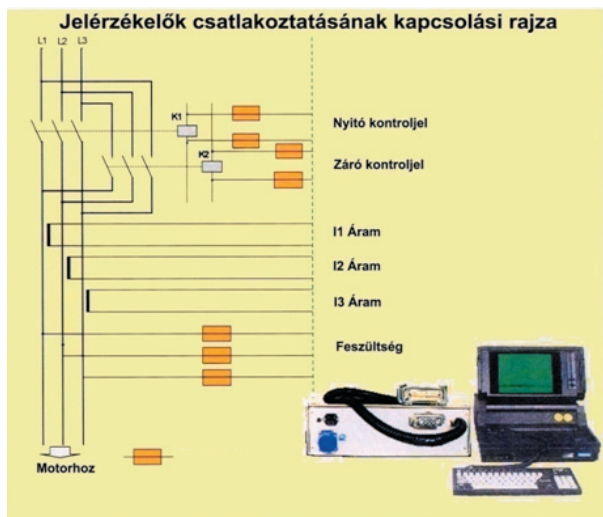
Helyszíni mérés

## 2.1 Crane Nuclear UDS armatúra diagnosztikai rendszer

A UDS teszt rendszer egy hordozható diagnosztikai rendszer, amely a elektromos működtetésű szelepek diagnosztizálására szolgál. Egy adatgyűjtő-érzékelő sorozatból áll, mely segítségével alapterszeteket, javítás utáni tesztek és trendeket lehet készíteni. A rendszer felépítése a következő:

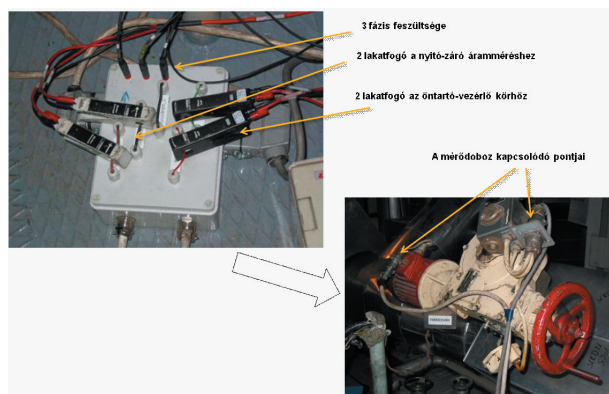
- Gyorsan felszerelhető érzékelők a szeleporsó helyzetének, a szeleporsón ébredő erőnek, a motor áramának, feszültségének, teljesítményének és a vezérlő kapcsolók beállításainak méréséhez.

- Moduláris jelátalakító, amely kimeneti jelet biztosít az adatgyűjtő számítógép részére.
- Univerzális feszültség input modul.
- Nyomatékmérő egység (két méretben).
- Adatgyűjtő számítógép.
- Adatbázis csomag (szoftver), amely tárol, szortíroz, riportot, és trendet készít a teszt adatokból és az elemzések eredményeiből.



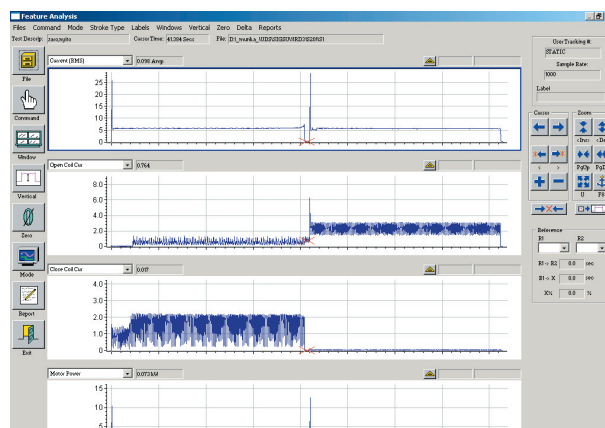
A csatlakozások elvi sémája

A rendszer alapvetően áram és feszültség jelek segítségével dolgozik. Eredetileg minden mérés alkalmával ki kellett nyitni és meg kellett bontani az adott tolvár betáp dobozát, amely számos hibalehetőséget rejtett magában. Ennek kivédésére egy mérő közdarab alkalmazását vezettük be, amelyet megfelelő stekkerrel ellátott csatlakozók segítségével minden mérés alkalmával a betáp doboz és az armatúra közé csatlakoztatunk.



A rendszer érzékelőinek csatlakoztatása mérő közdarab segítségével

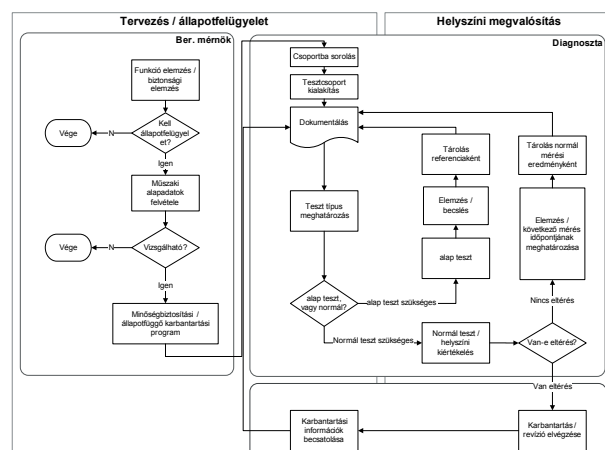
A mérés eredményeként megkapott legfontosabb diagramok a nyitási és zárási áram és teljesítmény görbék, valamint az öntartó körök áramfelvételi grafikonjai, amelyek a mechanikai állapotot megmutatják és kalibrált mérés esetén segítségükkel a nyomatéktartalom is meghatározható. Ez az állapotvizsgálati program alapja.



Nyitási és zárási motoráram, teljesítmény görbék és az öntartó körök áramfelvétele

## 2.2 Állapotfelügyeleti program

A tervezett állapotfelügyeleti programot a következő folyamat szerint végezzük:



A folyamatban a feladatok jól elkülöníthetőek, mégis a teljes program végrehajtásához a karbantartó mérnök, a karbantartás végrehajtó és a diagnoszta összehangolt munkája szükséges. A rendszer lényege, hogy az állapotfelügyeletet célzó vizsgálatok nem a következő karbantartás idejét, hanem a következő újabb vizsgálat idejét határozzák meg, a teljes hajtásrendszer rendelkezésre álló nyomaték tartalmának ismeretében. Az alábbiakban a program végrehajtásának egyes fő lépéseit részletezzük.

### Tervezés / állapotfelügyelet

A feladat egy új, vagy már üzemben levő motor – hajtás – armatúra rendszer állapotfelügyelet alá való bevonása. Ennek érdekében az adott berendezésről adatot gyűjtünk, besoroljuk megfelelő osztályba, illetve meghatározzuk a rajta elvégzendő mérések fajtáját.

Ennek lépései:

- Biztonsági elemzés
- Dokumentálás
- Csoportba sorolás
- Teszt csoport kialakítása / teszt csoportba sorolás



### **Biztonsági elemzés:**

Az adott armatúra – hajtás – motor rendszerrel kapcsolatban rendszertechnikai, műszaki-karbantartási és mérés-technikai szempontok alapján a következőket kell meghatározni, és adatbázisban rögzíteni:

Rendszertechnikai szempontok:

- Rendszer funkció ismertetése. A szóban forgó szerelvény rendszerben betöltött szerepének leírása.
- ABOS besorolás és biztonsági funkció rögzítése. Az adott szerelvény üzemképtelensége milyen hatással van a biztonságra. (Üzemeltetés és nukleáris biztonság)
- Milyen az adott armatúra normál üzemben betöltött pozíciója (nyitott, zárt, közbenső)

### **Műszaki-karbantartási szempontok:**

- Milyen kockázati fontossággal bíró hibamódok vannak, ezen belül milyen jellemző meghibásodásokról beszélhetünk, azok esetén mi a teendő?
- Jelenlegi, alapállapot jellemzőinek rögzítése. (Szemrevételezés, utolsó revízió ideje, eredményei. Jelenlegi állapota szerint üzemeltethető-e?)

### **Méréstechnikai szempontok:**

- Mérések elvégezhetősége (A rendelkezésre álló módszerekkel, eszközökkel egyáltalán vizsgálható-e az adott berendezés)
- Milyen tesztet kell és lehet végrehajtani az adott armatúrán? (üzemből kivett kiszakasztott, vagy üzem közbeni nyomás alatti teszt szükséges, valamint a vizsgálatok körének meghatározása)

A biztonsági elemzés után kiderül, hogy a technológiában elfoglalt hely alapján szükség van-e állapotfelügyeletre.

### **Dokumentálás**

*Armatúra konfigurációs dokumentálás:*

- Tolózár adatok (gyártó, szeleptípus, méret, nyomás osztály, végállás, egyéb gépkönyvi adatok)
- Hajtómű paraméterek (gyártó, modell, méret, egyéb gépkönyvi adatok)
- Felépítés (fénykép és rajz)

*Alap műszaki adatok dokumentálása:*

- Üzemi paraméterek szerinti-e a beépítés?
- Max  $\Delta P$
- Max nyomás
- tervezési tömegáram
- Milyen alpmérésekre van szükség adott armatúra/hajtás viszonylatban. (Áram, teljesítmény, orsóerő)
- Gyártó által megadott nyomaték adatok.

### **Csoportba sorolás:**

Itt történik a berendezések csoportosítása. Vagyis a megfelelő armatúra – hajtás – motor csoportok kialakítása, illetve az adott berendezés csoportba sorolása.

Csoportba sorolás szempontjai:

- armatúra / hajtás / motor típusok alapján
- nyomókör alapján
- biztonsági funkció alapján

### **Teszt csoportok kialakítása**

Az összegyűjtött technológiai alapadatok alapján, illetve

a csoportosítás alapján megtörténik a tesztelési csoportok meghatározása, ezen belül pedig, hogy adott csoport esetében milyen méréseket végzünk el.

*Fő tesztípusok:*

- Alap teszt(mérés): A szerelvényen mind nyomás alá helyezett, mind nyomásmentesített állapotban elvégezzük. A cél a referencia felvétel. Az alap teszt feltétele, hogy az armatúra a lehető legjobb állapotában legyen a mérésnek alávetve. Ez a mérés szolgáltat referenciát, minden további mérést ezzel vetünk össze.
- Normál teszt: Normál teszt eredménye mondja meg, hogy egy adott armatúrán kell-e karbantartást végezni, illetve milyen nyomatéktartalékkal rendelkezik a biztonságos, üzemszerű működőképességhez.
- Rendkívüli teszt: Üzemben vagy üzemen kívül, akár idegen feszültségről, végrehajtott teszt a rendkívüli helyzetekre. Elsősorban a hibafeltárás megkönnyítése céljából, rendkívüli a normál ütemtervtől eltérő mérésekhez.

Mind alap, mind normál teszt esetén az alábbi fő vizsgálatokat végezzük el:

- Szemrevételezéses ellenőrzés
- Szivárgás ellenőrzés (csak üzem közbeni mérés lehetséges)
- nyitó / záró irányú tesztek elvégzése (orsóerő, áramfelvétel, teljesítmény, tartalék)

Az alkalmazandó mérések között eltérések lehetnek berendezés csoportonként, ezért minden kialakított berendezés csoport esetében meg kell fogalmazni egy úgynevezett tesztcsoporthoz, amely megmondja, hogy az adott berendezés csoport alap, vagy normál tesztje esetén milyen méréseket kell és lehet elvégezni.

### **Helyszíni megvalósítás**

A helyszíni megvalósítás során a megfelelő csoportba tartozó berendezésen a megfelelő teszt csoportba tartozó mérést végezzük el. Ezt dokumentáljuk és döntés születik a karbantartás szükségességéről, vagy a következő mérés időpontjáról.

### **Referencia vizsgálat**

A megfelelően dokumentált, felépítése, és technológiában betöltött szerepe alapján csoportba sorolt armatúrán először minden esetben alap tesztet, végzünk el. A teszt eredményeképpen megkapjuk az adott berendezésre vonatkozó referenciát. A mérés során kapott nyomaték adatok és a gyártó által megadott nyomatékadatok összevetéséből meghatározható a következő állapotvizsgálat időpontja, amelyen normál teszt végrehajtása történik.

### **Normál vizsgálat**

A normál tesztek alkalmával elvégzett méréseket a referenciákkal való összehasonlítása után, illetve a kiértékelésekor már lehet tudni, hogy van-e szükség karbantartásra, vagy revízióra. Amennyiben igen, úgy ezt el kell végezni. A karbantartás során tapasztaltakat vissza kell csatolni, és dokumentálni kell. Ha karbantartásra nincs szükség, a berendezés üzemképesé nyilvánítható, és ezután ciklikus revízióra, megbontásra nincs szükség. A kapott nyomaték adatokból meghatározható a berendezés jósága és a követ-

kező normál mérés időpontja. Karbantartás, revízió utáni minden esetben normál teszt, elvégzése történik. Ennek keretében elvégzésre kerül a nyomaték beállítások ellenőrzése, szükség esetén korrigálása, illetve a rendelkezésre állási tartalék meghatározása. Ha ez rendben, nincs szükség további intézkedésre, karbantartásra. Ilyen esetben a mérési eredmények és az ismert nyomaték-tartalék alapján meghatározásra kerül a következő mérés becsült időpontja. (X év) Ebben az esetben már nem szabad megbontani az armatúrát, és a hajtásrendszert, valamint az „F” kulcsos kézi utánhúzás sem megengedett az üzemeltető részéről.

### 2.3 ELŐNYÖK, JELENLEGI HELYZET

Az ismertetett program segítségével reményeink szerint nagyszámú mérés esetén csak a problémás tolózárakra

kell fókuszálni és karbantartási erőforrásokat csoportosítani. A karbantartási költségek csökkennek mivel tökéletesen ismert állapot mellett kevesebb revíziót és indokolatlan karbantartást kell elvégezni. A tökéletes nyomaték beállítások miatt a tömítő felületekre kevesebb terhek hárulnak, így közvetetten lehet számolni a nyomáspróbák hatékonyabb, gyorsabb elvégezhetőségével is.

Az állapotvizsgálati program 2010-ben egy szűkített terjedelemben vette kezdetét. Ez 80 db tolózárát jelent a négy blokkon, illetve további 40 db olyan berendezést, amelynek mérése már eddig is folyamatban volt. A program végrehajtása után a szerzett tapasztalatokat összegezzük. Ennek alapján a jelenlegi munkavolumen bővítésre kerül, valamint az ezekre a berendezésekre alkalmazott eddigi karbantartási stratégiát is állapotfelügyeletre alapozzuk.

#### Megrendülten tudatjuk, hogy életének 97. évében elhunyt Dr. Lettner Ferenc ny. egyetemi tanár, a GTE Tiszteleti Tagja 1914–2011



Dr. tech. Lettner Ferenc egyetemi tanár, tanszékvezető a műszaki tudományok kandidátusa, az Intranszmas vezérigazgatója, a magyarországi valamikori repülőgépgyártás egyik meghatározó személyisége, a számjegyzérlésű NC technológia egykori hazai bevezetője elhunyt.

Elemi és középiskoláit Budapesten végezte, az Eötvös József Reáliskolában érettségizett. A Műegyetemen 1938-ban gépészmérnöki diplomát szerzett. 1937 szeptemberétől az egyetem Aerodinamikai Tanszékén először kisegítő, majd rendes tanársegédként működött.

1940-től 1945-ig az iparban dolgozott, a repülőgépgyártás, a Pestszentlőrinci Ipartelepek Rt. vállalkozás keretében. A részvénytársaság formai megalakulása után javaslatot kértek a Műegyetem Aerotechnikai Intézetétől a műszaki igazgató személyére. Ennek alapján Lettner Ferenc okleveles gépészmérnök, műegyetemi tanársegéd kapott kinevezést, aki 1932 óta a légierő III. fokú pilóta vizsgát tett tartalékos repülőtisztje is volt. Műszaki igazgatóként részt vett az intézet több repülőgép tervezési munkájában, és többek között Székesfehérvár-Sóstón a fémháj szerkezetű X/H kísérleti romboló repülőgép építését irányította. Az általa adott jelentések adtak képet a Pestszentlőrinci Ipartelepek Rt. repülőgép gyártási helyzetéről és az ezen ügyekben tett intézkedésekről. A nagy szerelőcsarnok és az azt kiszolgáló üzemszek, az egykori Pestszentlőrinci Fonó és Szövőgyár területén, a Ferihegyi repülőterre vezető út mentén létesültek. Így a könnyen szerelhető kész Ju-52 gépek törzse, szárnyai és törzsvég-kormányos rendszere gépkocsin vagy vasúton kigördíthető volt a repülőterre. A Ju-52 gép konstrukciós adottságai e téren is kiemelkedőek voltak, mert eleve számoltak a vasúti szállítás lehetőségével is és így ezek a fő részek 5-8 db

csavar segítségével, oldható kötással voltak összeszerelhetők, akár a repülőtéren is.

A háború végén ismét tanársegéd lett, ezúttal a Mechanikai Technológiai Tanszéken, ahol 1946-ban adjunktussá nevezték ki. 1948-tól nyolc éven át a KGM-ben, illetve a Tervhivatalban működött, magas beosztásokban, közben 1951-ben műszaki doktori címet szerzett, 1952-ben a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot nyerte el. 1956-ban egyetemi tanárrá nevezték ki a Gépgyártástechnológia Tanszékre, amelynek 1957-ben tanszékvezetője lett. 1961-63-ban az egyetem oktatási rektor-helyettese volt. 1970-ben az Intranszmas (Bolgár-Magyar közös vállalat) vezérigazgatójává nevezték ki, s egyben félállásban, az 1967-ben egyesült Budapesti Műszaki Egyetemen, a Közlekedésmérnöki Karon a Gépipari Technológia Tanszék vezetésével bízták meg, ahol néhány év múlva már főállásban, 1979-ig, 65 éves koráig vezette a tanszéket. Munkássága idejére esett az NC technika bevezetése, a programozási rendszerek fejlesztése. Több jegyzet írásában vett részt és kollégáit is erre ösztönözte. Az EXAPT szerszámgép programnyelv terjesztő társaság tagjaként, az SPE (Szerszámgép Programozási Egyesülés) elnökségének tagjaként, és hosszú időn át az OMFB tagjaként, a GTE „Gép” című folyóiratának főszerkesztőjeként elévülhetetlen érdemeket szerzett a magyar gépipar műszaki fejlesztésének érdekében. Pontos, precíz munkáját sok cikkíró tapasztalhatta, amikor szakmai és nyelvi szempontból is nagy következetességgel hagyta csak jóvá a szaklapba benyújtott cikkeket. Az „International Journal of Production Researches” folyóirat szerkesztő bizottságának hosszú időn át szintén tagja volt. Hazánkat képviselte a CIRP (Nemzetközi Technológiai Kutató közösség – Páris) rendes tagjaként.

Kitüntetései: az állami vezetés a Munka Érdemrend arany fokozatával ismerte el munkáját, kapott Gépipar Kiváló Dolgozója kitüntetést is. A GTE-ben Pattantyús Ábrahám Géza-díj érdemem birtokosa lett, GTE Tiszteleti Tag Emlékérem tulajdonosa, szakirodalmi munkájáért elnyerte a GTE Műszaki Irodalmi Díját. A sors iróniája, hogy a 60 éves CIRP a soron lévő Közgyűlését, fennállása történetében ebben az évben fogja először, augusztus végén Budapesten tartani, sajnos szakmánk, országunk ezen szakmai elismerését már nem élhette meg.

# ÜLŐSZÉKES LIBEGŐ LEGNAGYOBB IGÉNYBEVÉTELŰ OSZLOPÁNAK STATIKAI- ÉS DINAMIKAI VIZSGÁLATA

Dr. habil. Illés Béla\*, Dr. Németh János\*\*

Egy hazánkban üzemelő, ülőszékes libegő legnagyobb igénybevételű oszlopának statikai- és dinamikai vizsgálatát végeztük el, mert a berendezés üzemeltetése során a tervezésből, a kivitelezésből és a karbantartásból eredeztethető hiányosságok miatt nem várt mértékű lengések léptek fel és az utazók biztonságérzetét ezek a jelenségek hátrányosan érintették.

A berendezés statikai vizsgálata egyrészt a vonóelemben ébredő húzóerő-diagram meghatározásából, a kritikusnak ítélt oszlopra ható, tengelyére merőleges és párhuzamos erők (a vonóelem támaszra fel- és lefutó ágaiban ébredő húzóerővel, a súlyerőkkel és a szélterhelésekkel arányos) és nyomatékok meghatározásából különféle determinisztikus jellegű terhelési programok esetén (felfele terhelt – lefele üres, felfele üres – lefele terhelt, mindkét irányban üres, 40%-kal megnövelt feszítősúly névleges terhelésnél, 40%-kal megnövelt névleges terhelés esetén), másrészt a dinamikai jellemzők meghatározásából állt. A vizsgálatokat alapján megállapítottuk, hogy a 6 mm falvastagságú, változó keresztmetszetű, zárt szelvény összetett igénybevétele a 40%-kal megnövelt feszítősúly és üres terhelésű, program esetén adódott a legnagyobbra. A méréseket és a számításokat az oszlopszerkezet 4 legnagyobb terhelésű keresztmetszeténél végeztük el a kritikus irányú, kötelekre és oszlopra ható szélterhelést is figyelembe véve.

Megállapítottuk, hogy vizsgált kritikus keresztmetszetek (A-kereszttartó, B-oszlopnyak, C-a középső oszloptoldás, D-talpazathoz rögzítés) összetett igénybevétele a legnagyobb terhelést biztosító terhelési program (felfutó ág terhelt, lefutó ág üres) esetén nem haladta meg a 160 MPa értéket (a megengedett feszültség: 180 MPa), tehát az oszlopszerkezet a statikus igénybevételre megfelel.

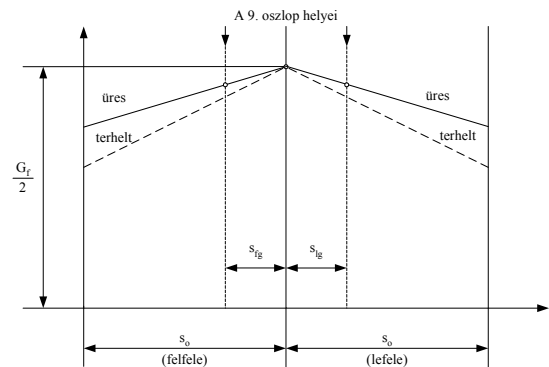
A legnagyobb igénybevételű keresztmetszet az A jelű, mert a konzolhatás miatt ez a keresztmetszet jelentős hajlításnak és nyírásnak van alávetve, a csavarása elhanyagolható. Ebben a keresztmetszetben a bélyegek tengelyét a konzol tengelyével párhuzamosan vettük, mert a nyomásból és a hajlításból származó igénybevétel így érzékelhető.

A C és D keresztmetszeteken 8-8 db mérőbélyeget helyeztünk el, az összetett igénybevétel meghatározására. A mérésnél  $v=1,5$  m/s haladási sebességet állítottunk be.

\* Ph.D., egyetemi tanár, tanszékvezető, dékán, e-mail: [atilles@uni-miskolc.hu](mailto:atilles@uni-miskolc.hu), Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

\*\* Ph.D. egyetemi docens, e-mail: [altnemet@uni-miskolc.hu](mailto:altnemet@uni-miskolc.hu), Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

Az ülőszékekbe 2 fő ült (kb. 180 kg tömeg) és váltakozva le-fel illetve a másik oldalra áttérve szintén le-fel mozgattuk az oszlophoz viszonyítva  $\pm 30$  m távolságra. Ha a húzóerő diagramot vizsgáljuk (1. ábra) a 9. oszlopra vonatkozóan, akkor megállapítható, hogy a húzóerő üres ülőszékeknel a legnagyobb, a konzolhatás pedig akkor érezhető jól, amikor egy-egy terhelt függeszték a görgősoron áthalad.



1. ábra A kötélben ébredő húzóerő alakulása a pálya mentén önsúly- és névleges terhelés esetén

Az 1. ábra jelölései:

- S – a húzóerő változása a vonóelem hossza mentén,
- $G_f$  – a feszítősúly,
- $s_0$  – felfele szállító ág vonóelemének kiterített hossza, amely egyezik a lefele szállító ág hosszával,
- $s_{ig} = s_{ig}$  – a 9. oszlop távolsága (a vonóelem kiterített hossza alapján) a felső fordítótárcsa tengelyétől.

A mérési eredmények azt igazolták, hogy a statikus terhelés által meghatározott legnagyobb feszültségnek a 10%-át nem haladta meg a mért dinamikus feszültség.

Az oszloptoldás és az oszlop alaphoz rögzítése között a haladási irányra merőleges lapokon a lemez kidomborodását tapasztaltuk. Lélegzésszerű mozgást végzett a terhelt függeszték áthaladása során. Itt két bélyeget helyeztünk el egymásra merőlegesen, hogy ezen a helyen meghatározzuk a horpadó lemez feszültségállapotát. A horpadás a nyomó- és a hajlító igénybevétel együttes hatására következhet be. A vizsgálat során nem mértünk akkora dinamikus feszültség-ingadozást (45-70 MPa), ami a számított statikus érték figyelembe vételével maradót horpadást okozott volna.



Összességében megállapítható, hogy az oszlop a kritikus igénybevételek figyelembe-vétele esetén sem rendelkezik olyan szűk keresztmetszettel, amelynek igénybevétele, illetve feszültségállapota a megengedett értéket meghaladta, tehát az oszlop szilárdságilag megfelelőnek minősíthető.

A feszültségmérések is igazolták, de a piezoelektromos mozgásérzékelőkkel felvett és Fourier-analízissel vizsgált amplitúdó-frekvencia függvénymenetek is igazolják azt, hogy az oszlop rezgéstaniilag nem felel meg, mert rezonancia lehetséges.

A mérések során 2 fő a kezelőrámpán kikötve az oszlop-szerkezetet a pálya irányában szinkron-mozgással lengésbe hozta. Ilyen esetben a „horpadó keresztmetszet” igénybevétele már jelentősen ingadozott (-80+150 MPa).

Az a megállapításunk, hogy az oszlop lengéstaniilag rosszul méretezett azzal a megfigyelésünkkel is összhangban van, hogy az alkalmazott 8-8 db görgőből 1-1 db jelentős radiális ütessel rendelkezik. Amikor a függeszték (terhelt vagy terheletlen) a görgőszéken végighalad, lengést gerjeszt, amely az oszlopot bólogató mozgásba hozza. A bólogatás hajlító-lengés jellegű akkor, amikor a két görgő közel szinkronban gerjeszt. Ha az excentricitások ellenfázisba kerülnek, akkor a bólogatást felváltja a váltakozó irányú csavarás. A görgők súrlódó hajtása miatt az említett bólogatás és csavargatás többnyire együtt jelentkezik és egyfajta kóválygó mozgást eredményez. Ezt a jelenséget fokozza még a húzóerő változással arányos helyi veszteség és az oszlop hajlítását eredményező különböző irányú szélterhelések is.

A kóválygó mozgás kiküszöbölése csak úgy lehetséges, ha a helyszíni szemle során megjelölt görgők „betétezését” kicserélik, illetve megfelelően beszabályozzák.

Az oszlopot a tervezett magassághoz képest meghosszabbították, de az alap tömegét nem változtatták meg. A kóválygó lengés egyik komponense a hajlító lengés, aminek elemzésére részletesebb vizsgálatot mutatunk be. A korszerű személyszállító kötélpályáknál a vonóelem-ill. a szállítóelem megtámasztására előszeretettel alkalmaznak vékonyfalú szekrényszerkezetű oszlopokat, mert ezek a viszonylag kis tömegük ellenére a fellépő statikus és dinamikus terheléseket kedvezően viselik. A vizsgálattal az ilyen szerkezetek dinamikus viselkedésének meghatározására alkalmas módszert mutatjuk be, amikor a gerjesztő hatások közül a hajlító lengések a meghatározóak. Ezen oszlopszerkezetekre a kötélzetről átadódó igénybevételek mellett – a zárt szelvényből adódó nagy felületek miatt – jelentős szélterhelés is hat, mint az oszlopot hajlító gerjesztő hatás. A szélterhelést az EUROCODE 3 szerint vettük figyelembe a vizsgálatoknál. Az oszlop dinamikai viselkedésének elemzése az utasok biztonságérzete szempontjából is fontos, különösen az alacsony frekvencia tartományba eső rezgések frekvenciáinak meghatározása.

A 2. ábra a vizsgált oszlopszerkezet jellemző méreteit mutatja. A pálya nyomvonalvezetésének módosítása miatt szükségessé vált a tartóoszlop hosszának növelése, ami annak hajlító rugalmasságát és ezzel dinamikai

viselkedését jelentősen módosította. A fellépő gerjesztések hatására az oszlop jelentős mértékben kileng, amely veszélyezteti a kötél megvezetését és az ülőszéken utazók biztonságát. Az oszlopalapozást is a régi kisebb terhelésű és hosszúságú oszlophoz tervezték meg, ami a támasztórendszer stabilitását tovább rontja. A dinamikai modellnél az oszlopot olyan ideális befogású rúdnak fogjuk fel, amelynek keresztmetszeti jellemzői és a rugalmas semleges szál elmozdulási függvénye a 2. ábra szerint alakul, amelynél  $A_i$  a keresztmetszetet, az  $I_{xi}$  az  $x$  tengelyre,  $I_{yi}$  számított másodrendű keresztmetszeti nyomatékot,  $q(z,t)$  az elhajlási függvény a hely- és idő függvényében. A keresztmetszeti jellemzőket a 2. ábrával együtt közölt táblázat foglalja össze. A hajlító lengések sajátfrekvenciáját a rúd végén elhelyezett redukált  $m_r$  tömeg (amely az oszlop tetején elhelyezett tömegek; görgősorok, a görgőtartók, a keresztgerendák és a kötélzet redukált tömege mellett tartalmazza az oszlop redukált tömegét is). A redukált tömeg meghatározásával nem kívánunk foglalkozni, de ennek meghatározása az alábbi összefüggéssel történt:

$$m_r = m_t + \eta_o \cdot m_o + \eta_k \cdot m_k \quad (1)$$

Ahol;  $m_t$  – az oszlop tetején elhelyezett koncentrálnak tekinthető tömegek összege,  
 $m_o$  – az oszlop tömege,  
 $m_k$  – a kötél, a hasznos terhelés és az ülőszékek együttes tömege,  
 $\eta_k, \eta_o$  – redukációs tényezők

A hajlító rezgéseket leíró mozgástörvényt egy az alakváltozási függvénynek  $q(z,t)$  az idő  $(t)$  szerint vett második deriváltját, valamint a helynek  $(z)$  vett negyedik deriváltját tartalmazó nemlineáris differenciál-egyenlettel lehet megfogalmazni, mint kontinuum lengést:

$$\rho_a \cdot A(z) \cdot \left( \frac{d^2}{dt^2} q(z,t) \right) + I_v(z) \cdot E \cdot \left( \frac{d^4}{dt^4} q(z,t) \right) = 0 \quad (2)$$

Ahol;  $\rho_a$  – az oszlop anyagának sűrűsége,  
 $A(z)$  – az oszlop keresztmetszetének függvénye az oszlop hossza mentén,  
 $I_v(z)$  – az oszlop másodrendű keresztmetszeti nyomatékának függvénye a  $v$ -edik tengelyre vonatkozóan, az oszlop hossza  $(z)$  mentén ( $v=x, y$ ),  
 $E$  – az oszlop anyagának a rugalmassági modulusa,  
 $l_o$  – az oszlop hossza.

Az oszlop lengését jellemző  $q(z,t)$  függvényt egy a helyfüggvénynek;  $u(z)$  és egy az időfüggvénynek;  $\sin(\alpha t)$  a szorzataként keressük:

$$q(z,t) = u(z) \cdot \sin(\alpha \cdot t) \quad (3)$$

Az  $u(z)$  függvényt a kitérésre vonatkozó, közönséges differenciál-egyenlet segítségével lehet meghatározni:

$$I_v(z) \cdot E \cdot \left( \frac{d^4}{dz^4} u(z) \right) - \alpha^2 \cdot \rho_a \cdot A(z) \cdot u(z) = 0 \quad (4)$$

Ennek megoldása nem tekinthető egyszerű feladatnak, ezért az  $u(z)$  függvényt olyan polinommal közelítjük, amely kielégíti az egyenletünket és a hajlított rúdra vonatkozó peremfeltételeket is, esetünkben:

$$u(z) = z^2 \cdot (z - 3 \cdot l_0) \quad (5.)$$

A fenti összefüggések felhasználásával meghatározhatjuk a hajlító lengésekre vonatkozható alap-harmonikus saját-körfrekvenciát:

$$\alpha_v = \sqrt{\frac{I_{1v}}{I_2 + m_r \cdot u(l_0)^2}} \quad (6.)$$

Ahol;

$$I_{1v} = \int_0^{l_0} I_v(z) \cdot E \cdot \left( \frac{d^2}{dz^2} u(z) \right)^2 dz \quad (7.)$$

illetve;

$$I_2 = \int_0^{l_0} \rho_a \cdot A(z) \cdot u(z)^2 dz \quad (8.)$$

A jellemző alap-harmonikus sajátfrekvencia:

$$f_v = \frac{\alpha_v}{2 \cdot \pi} \quad (9.)$$

A rendszer dinamikus stabilitását a rezonancia-nagyítással jellemezhető a legjobban:

$$\eta_v = \left| \frac{1}{1 - \left( \frac{\omega}{\alpha_v} \right)^2} \right| \quad (10.)$$

A rezonancia-nagyítás megmondja, hogy a statikus erőjáték által meghatározott alakváltozás hányszorosa lesz a dinamikus alakváltozás. Rezonanciáról beszélhetünk akkor, ha a rezonancia-nagyítás értéke 2-nél nagyobbra adódik.

A keresztmetszet és annak másodrendű nyomatéka a 3. ábra szerinti lineáris függvénykapcsolatokkal jellemezhető az oszlop hossz tengelyéhez kötött z koordináta függvényében, amiket az integrálásnál figyelembe kell venni.

A számításokat a MathCAD programrendszerrel oldottuk meg, és az 1. táblázatban foglaltuk össze az eredményeket. A táblázatban meghatároztuk az oszlopra z tengelyére merőleges x és y tengelyekre vonatkozó hajlító lengések frekvenciáit, ha a minden tömeget figyelembe veszünk (1), ha az oszlop tömegét elhanyagoljuk (2), illetve a kötélzetet és a rajta lévő tömegeket is elhanyagoljuk (3). A számításokat kétféle lemezvastagságnál (v=6 és 7 mm) végeztük el, mert a falvastagság-mérések azt igazolták, hogy valahol a két érték közé eshet a valóságos falvastagság, ugyanis a konstrukció huzamos ideig leszerelve raktárban állt, ahol az időjárási

viszontagságok miatt a falvastagság csökkent. Megállapítható, hogy az x és az y tengely körüli hajlító lengések sajátfrekvenciája – a terhelési állapot függvényében változnak – az alábbi intervallumokban:

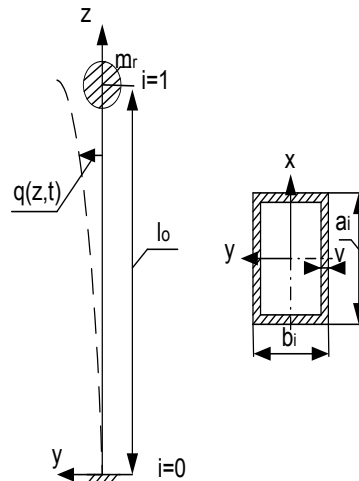
A lemez vastagsága (v) (mm)	A mérésel meghatározott frekvenciasávok (f <sub>x</sub> és f <sub>y</sub> ) (Hz)
6	2,27 ≤ f <sub>x</sub> ≤ 2,54
	3,09 ≤ f <sub>y</sub> ≤ 3,45
7	2,42 ≤ f <sub>x</sub> ≤ 2,72
	3,29 ≤ f <sub>y</sub> ≤ 3,69

A gerjesztési körfrekvenciát a névleges kötélsebesség (v=1,5 m/s) és a támasztógörgő átmérője (D=0,22 m) alapján határozzuk meg:

$$\omega = 2 \cdot \frac{v}{D} \quad (12.)$$

A rezonancia-nagyítás legnagyobb értékét a legkisebb frekvenciánál, míg a legkisebbet a legnagyobbánál kapjuk. A rezonancia-nagyítás értéke az 1,53-11,57 érték között változik a számításaink szerint, vagyis rezonáns jelenséggel kell számolni. Az 5. ábrából is megállapítható, hogy 2,5 Hz környékén jelentős a rezgés y irányú intenzitása, vagyis az oszlop a haladás irányában végez jelentős (szemmel is jól érzékelhető) lengéseket.

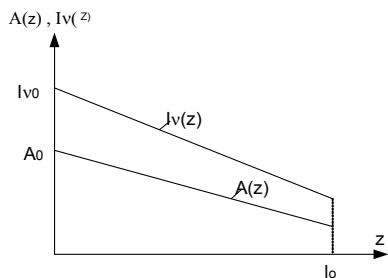
Az oszlop tetején elhelyezett piezoelektromos sebesség-érzékelőkkel meghatározott jellemző diagrammokat szemlélteti a 4. ábra, amelyeket felhasználunk a rezgésekre jellemző frekvenciákat Fourier-transzformációval történő meghatározására (5. ábra). Az sebességet mm/sec dimenzióban ábrázoltuk. A v<sub>x</sub> és a v<sub>y</sub> frekvenciamenetének elemzése is alátámasztja a számításokkal meghatározott frekvenciák megjelenését.



i	0	1
a <sub>i</sub> (mm)	750	334
b <sub>i</sub> (mm)	500	234
v (mm)	6 ill. 7	
l <sub>0</sub> (mm)	8400	

A kijelölt keresztmetszetek jellemző méretei

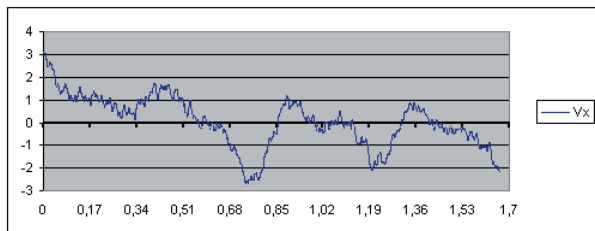
2. ábra. A hajlító lengéseknek kitett oszlop jellemző méretei és egyszerűsített rezgéstani modellje



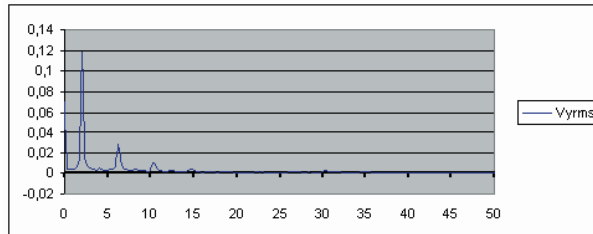
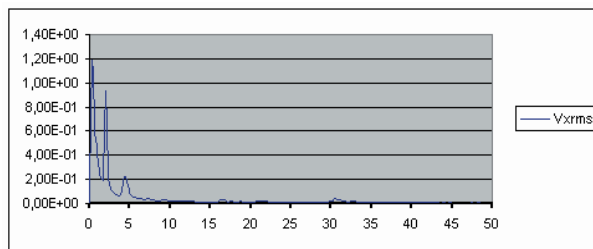
3. ábra A Keresztmetszet ( $A$ ) és a keresztmetszet másodrendű nyomatéka függvényei a rúd hossz tengelyéhez kötött koordináta ( $z$ ) függvényében

1. táblázat

Terh. kód	$v=6$ mm			$v=7$ mm		
	$f_x$ (Hz)	$f_y$ (Hz)	$m_r$ (kg)	$f_x$ (Hz)	$f_y$ (Hz)	$m_r$ (kg)
1	2,27	3,09	1256	2,42	3,29	1273
2	2,35	3,19	1170	2,50	3,39	1187
3	2,31	3,13	1213	2,46	3,34	1230
1	2,36	3,21	1154	2,53	3,44	1154
2	2,45	3,32	1068	2,62	3,56	1068
3	2,41	3,26	1111	2,58	3,50	1111
1	2,54	3,45	982	2,72	3,69	982
2	2,54	3,45	982	2,72	3,69	982
3	2,54	3,45	982	2,72	3,69	982

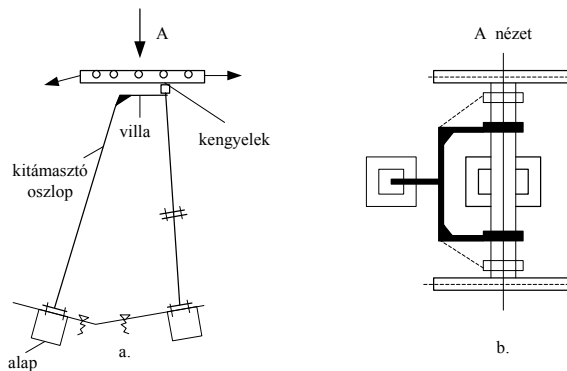


4. ábra Az oszlop tetején elhelyezett piezoelektromos érzékelővel mért sebességkomponensek időbeni alakulása



5. ábra A rezgések Fourier-transzformációval meghatározott, sebességamplitúdó-frekvencia függvénymenete

A hajlító- és csavaró lengések csökkentése az oszlop-szerkezet kitámasztásával egyszerűen megoldható és ezzel a horpadási kritériumok és teljesíthetőek. A kitámasztó rendszer elvét a 6. ábra szemlélteti. A kitámasztó rendszer áll egy villából, amely a konzolokhoz kengyelekkel csavaros kötással rögzítik. A kitámasztó oszlop a villa közepén van mereven bekapcsolva, hogy a járulékos csavarást és a hajlítást képes legyen felvenni. A kitámasztó oszlop egy betonlaphoz, az eredeti oszlop bekötéshez hasonlóan kapcsolódik. A villa a csavarást, az oszlop a bólogató hajlítást veszi fel az eredeti oszloppal együtt dolgozva.



6. ábra A tartóoszlop elhangolásának egy lehetséges módja

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] LUDVIG, GY.: Gépek dinamikája, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
- [2.] MUTNYÁNSZKY, Á.: Szilárdságtan, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980



# SZÁMÍTÓGÉPPSEL SEGÍTETT JAVÍTÓ- ÉS FELRAKÓ HEGESZTÉS TERVEZÉS

## COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING OF SURFACING AND REPAIR WELDING

Dr. Palotás Béla\*

### ABSTRACT

The surfacing and repair welding are very economical processes in the practice. Expensive tools, elements of machines can be renewed with repair welding in more economical way than investigation of new ones. The surfacing is applied for cladding of elements when the production of them is more economical. The surfacing is applied as repair welding many times, so it is an important process in the practice as well. The process planning of repair welding and surfacing is a complicated task, so they require high level qualified specialists and much experience. If the specialists have a computer system for helping of this process planning in the practice it would be very useful. The article shows a possible variant of CAPP of Surfacing and Repair welding.

### BEVEZETÉS

A javító és felrakó hegesztés alkalmazása a gyakorlatban jelentős gazdasági előnyökkel jár. Újjonnan nehezen beszerezhető, illetve drága szerszámok, berendezés alkatrészek újíthatók fel javító hegesztéssel, annál lényegesen olcsóbban mint amennyibe az új szerszámok, vagy alkatrészek beszerzése kerülne. A felrakó hegesztés is igen fontos technológia a gyakorlatban, hiszen rétegek hegesztésével az alkatrészek ára jelentősen csökkenthető, illetve a javító hegesztés is sokszor felrakó hegesztést jelent. A javító- és felrakó hegesztés tervezése a gyakorlatban magas szaktudást, tapasztalatokat igényel, így ha olyan számítógépi program áll a szakemberek rendelkezésére amely ezt a tervezést segíti, az nagyon hasznos lehet [1].

A továbbiakban ismertetünk egy olyan számítógépi rendszertervet, amely a javító-, felrakó hegesztés egy lehetséges számítógéppel segített tervezését kísérli meg bemutatni.

A számítógéppel segített tervezéseknél az emberi tényező hatása csökkenthető, kevesebb szaktudással is tervezhetők a technológiák és gyorsabban készíthetők el a hegesztési utasítások.

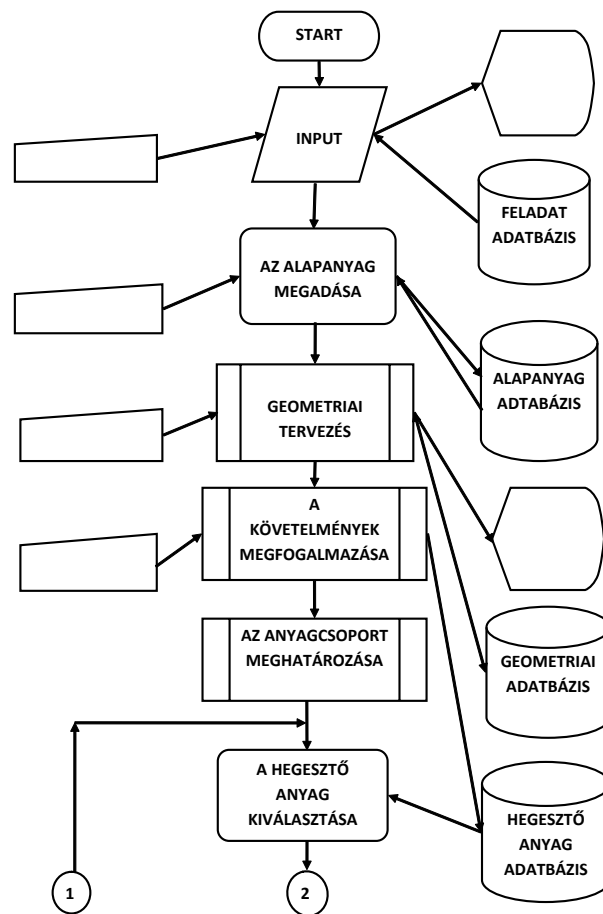
\*egyetemi docens, Dunaújvárosi Főiskola, Műszaki Intézet, Anyagtudományi Tanszék, tanszékvezető, e-mail: palotasb@mail.duf.hu

### 1. SZÁMÍTÓGÉPI RENDSZERTERV

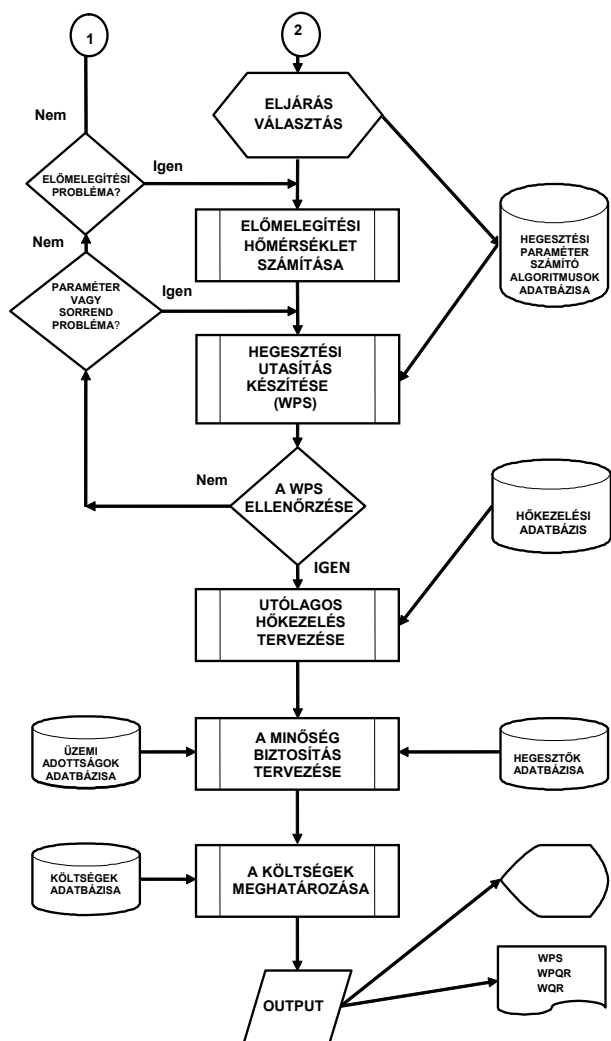
Minden számítógépi program működésének igényességét az adatbevitel szintje határozza meg. Javító- és felrakó hegesztésnél is igen fontos az, hogy minden szükséges adatot összegyűjtsünk a tervezéshez.

A javító- illetve felrakó hegesztéshez készített számítógépi rendszer terve az 1. és 2. ábrán látható.

Az adatbevitel az alapanyag megadásával kezdődik, és a geometriai tervezéssel folytatódik. Ha már hasonló feladatot terveztek a programmal, akkor a már ismert adatok behívhatók és az adott feladat szerint módosíthatók. A tervezés a réteggel szemben támasztott követelmények megfogalmazásával folytatódik.



1. ábra. Javító- és felrakó hegesztési program rendszerterve, 1. rész



2. ábra. Javító- és felrakó hegesztési program rendszerterve, 2. rész

A követelmények ismeretében határozható meg az az anyagcsoport, amelyből kiválasztott hegesztőanyag megfelel a réteggel, vagy a kötéssel szemben támasztott követelményeknek. A hegesztőanyagok ellenőrizhetők egy adatbázisban, hogy rendelkezésre állnak-e vagy sem. Abban az esetben, ha csak egy adott eljáráshez létezik hegesztőanyag, akkor a hegesztési eljárás is adott. Abban az esetben, ha többféle hegesztőanyag is létezik, a hegesztési eljárás kiválasztása a következő lépés.

Természetesen máshogyan számoljuk a hegesztési paramétereket a különböző eljárásoknál.

Felrakó hegesztésnél szükséges lehet előmelegítés az alapanyag miatt is, és szükség lehet a hegesztőanyag miatt is a repedések elkerülése céljából.

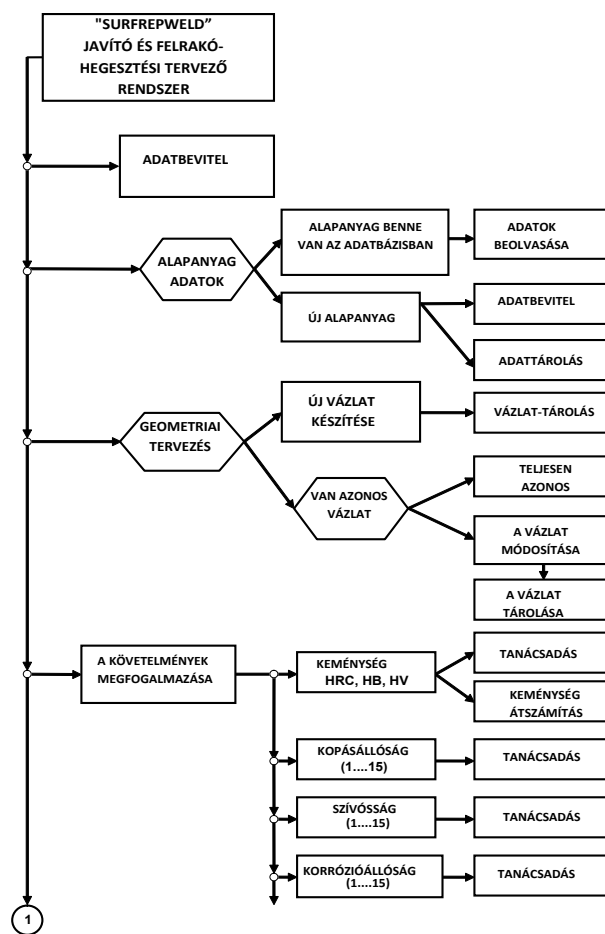
Az adott hegesztési eljárásához elkészítjük a hegesztési utasítást. A hegesztési utasítás ellenőrzése után lehetőség van módosításokra. A hegesztési utasítás elfogadása után, az utólagos hőkezelés előírása következik.

Mint minden hegesztésnél, ebben az esetben is fontos a minőségbiztosítási előírások megfogalmazása. Ezután költségek számítása következhet, majd az adatkivitel.

Az adatkivitelben meg kell jelentetni a bemeneti adatokat és a tervezés során meghatározott adatokat is. A rendszerterv rövid ismertetése után részletesebben is bemutatjuk a tervezés fő részeit.

## 2. A TERVEZÉS RÉSZLETEI

A 3. ábrán az adatbevittelt láthatjuk részletesebben. Az adatbevitel során fontos, hogy azt minél részletesebben, de minél egyszerűbben oldjuk meg. Abban az esetben ha az alapanyag benne van az adatbázisban akkor az alapanyag adatai rendelkezésre állnak, ha eddig nem használt anyagról van szó, akkor az alapanyag adataival célszerű bővíteni adatbázisunkat.



3. ábra. Az adatbevitel (folytatás a 4. ábrán)

Hasonlóan gondolkodtunk a geometriai tervezésnél is, hiszen gyakran van hasonló felrakó hegesztési vagy javítási feladat adott üzemben, ilyenkor az adatbevitel egyszerűsíthető az adatok módosításával. Ebben az esetben is célszerű az új geometriai adatok részletes bevitelére és adatbázisban való rögzítésére.

A tervezés talán legfontosabb lépése a rétegekkel szemben, illetve a kötéssel szembeni követelmények megfogalmazása. Ehhez dr. Béres Lajos Úr által kidolgozott szempontrendszer [2] használjuk fel.

Béres Tanár Úr a szükséges keménységen túl, további 6 szempontot vett figyelembe és ezek szerint azonosította a hegesztő anyagokat. Ilyen szempontok:

- a kopásállóság (1 ... 15),
- a szívósság (1 ... 15),
- a korrózióállóság (1 ... 15),
- az üzemi hőmérséklet, °C – ban,
- az üzemi hőmérséklet ingadozása (1 ... 15),
- a relatív ár (1 egység az ára az 1 csoportba sorolt, ötvözetlen szerkezeti acélnak).

Abban az esetben, amikor a jellemző tulajdonságok nem számszerűsíthetők, akkor az adott követelmények 1 ... 15 – ig megadott számmal értékelhetők. A nagyobb

szám a nagyobb mértékű ellenállásra utal.

A hegesztőanyagok csoportosítása, az adott anyagra jellemző kémiai összetétel és az előző követelmények szerint megadott jellemzők az 1. táblázatban láthatók. A táblázatot kiegészítettük az adott keménységnek és kémiai összetételnek legjobban megfelelő hegesztőanyag DIN kódjával. Azért választottuk a DIN 8555 szerinti besorolását a hegesztőanyagoknak, mert ezt a hegesztőanyag katalógusok megadják. A kódban szereplő anyagcsoport nem egyezik meg az 1. táblázatban szereplő 47 anyagcsoporttal, bár van közöttük átfedés. A megadott 47 anyagcsoport részletesebb és igényesebb felosztást mutat.

Csoport szám	Kémiai összetétel, %										Követelmény						DIN Kód**
	C	Mn	Cr	Mo	Ni	W	Si	Co	Egyéb	HRC (HB)	1*	2*	3*	4*	5*	6*	
1	0.1	1								(150)	1	10	1	200		1	Eltérő kód
2	0.1	2	1							(250)	2	9	1	300		1.5	1-250
3	0.2	2	2	1	1					(300)	3	8	1	300		3.5	1-300
4	0.2	2	3					2		(350)	4	7	1	300		3	1-350
5	0.4	3	2							(400)	5	6	1	300		3	1-400
6	0.5	1	2					2		50	6	5	1	300		2.5	1-500
7	0.5		6	1				3		55	7	4	2	300		3.5	6-55
8	0.6	3	8					2		60	8	3	2	350		4	6-60
9	0.7	1	4	6						60	8	4	1	550		10	4-60
10	3.3		25							53	9	3	3	400		5.5	10-55
11	3.4		30					1		58	10	3	4	400		6	10-60
12	3.5		7	1				2		60	10	2	2	300		5.5	10-60
13	4.4		33							61	10	1	4	400		5	10-60
14	5		23					1	Nb=1	63	11	1	4	400		6.5	10-65
15	5		40							64	12	1	5	400		6.5	10-65
16	5		20	6		2			Nb=5	65	13	2	3	500		15	10-65
Csoport szám	Kémiai összetétel, %										Követelmény						DIN Kód**
	C	Mn	Cr	Mo	Ni	W	Si	Co	Egyéb	HRC (HB)	1*	2*	3*	4*	5*	6*	
17	5		20	6				11		65	13	3	6	500		25	20-65
18	1.0		28			5		63		42	8	11	12	700		145	20-40
19	1.5		28			10		56		50	9	10	11	700		140	20-50
20	2.0		28			15		51		55	10	9	11	700		135	20-55
21	2.5		32			20		44		58	11	8	10	700		130	20-60
22	5.5		25					60		60	12	7	11	700		140	20-65
23	0.9		33		52	10	2		B=1	40	8	10	12	700		145	22-40
24						80			Fe=R	66	15	2	2	300		90	21-65
25					20	80				66	15	6	4	500		110	21-70
26						60			Fe=R	65	14	2	2	300		80	21-65
27	0.8		4	8		2			V=2	60	10	7	2	550		10	4-60
28	0.8		5	5		6			V=2	62	11	6	2	550		13	4-65
29	0.9		5			18			V=1	63	12	5	2	550		26	4-65
33	0.8		4	1					V=1	60	10	5	2	500		4	2-60
34	0.2		2			4				45	7	9	2	550	8	7	3-45
35	0.3		3	2		5				50	8	9	2	550	9	9	3-50
Csoport szám	Kémiai összetétel, %										Követelmény						DIN Kód**
	C	Mn	Cr	Mo	Ni	W	Si	Co	Egyéb	HRC (HB)	1*	2*	3*	4*	5*	6*	
36	0.4		3			10				52	9	9	2	600	10	15	3-55
37	0.4		7	3		1				57	10	8	2	550		16	3-60
38	.04			8	12			14		(500)	7	11	9	350	12	30	4-55
39	.04		17	17	60	5				(350)	6	11	10	700	15	50	23-350
40	0.3		20		10	15		54		(240)	7	12	13	700	15	130	20-250
41	0.4		24	5	5			62		(350)	8	12	14	700	15	140	20-350
42	1.2	13								(220)	12	12	1	200		2.5	7-200
43	0.7	13			3		1			(220)	11	13	1	200		3.5	7-200
44	1.0	16	9						Nb=3	(250)	11	14	3	250		5.5	7-250
45	0.5	15	20							(250)	10	15	8	250		6	7-250
46	0.1	6	18		8		1			(200)	9	15	12	350		7	8-200
47	0.1		29		9					(250)	10	14	15	350		7	9-250

### 1. táblázat

\* 1: Kopásállóság 2: Szívósság 3: Korrózióállóság 4: Üzemi hőmérséklet 5: Az üzemi hőmérséklet ingadozása 6: Relatív ár.

\*\* A kódban az első karakter a hegesztési eljárástól függ, E: Elektroda, bevont elektrodás kézi ivhegesztéshez, MSG: Fogyóelektrodás védőgáz ivhegesztés huzalelektrodája, WSG: AWI – hegesztő pálca, UP: Fedett ívű hegesztő huzal, MF: Portöltetű huzal, G: Lánghegesztő pálca. R: (Rest) maradék. A 24–25–26. sorban a W alatt, WC-ot kell érteni.

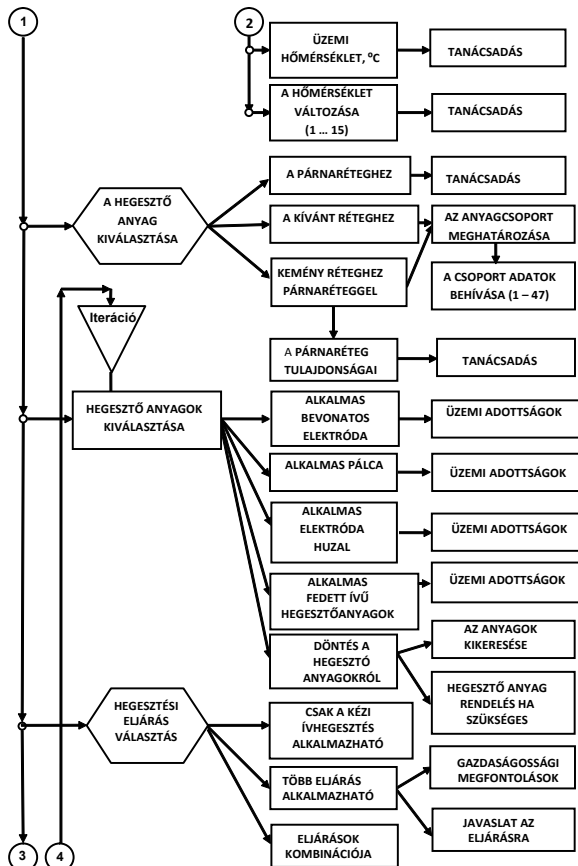


A hegesztőanyaggal szemben megfogalmazott követelmények alapján kiválasztható a szükséges hegesztőanyag csoport (1. táblázat szerint), majd a tervezés a 4. ábra szerint folytatódik. A hegesztőanyag csoport ismeretében az adatbázisban ellenőrizhető, hogy van-e ilyen anyag az üzemben. Ha nincs ilyen hegesztőanyag az üzemben, akkor gyártói katalógusokból kiválasztható a szükséges hegesztőanyag, amellyel célszerű a hegesztőanyag adatbázisunkat bővíteni. Ha több eljáráshoz is rendelkezésre áll a szükséges hegesztőanyag, akkor célszerű a leggazdaságosabb eljárást alkalmazni, persze az üzemi adottságokat itt is figyelembe kell venni.

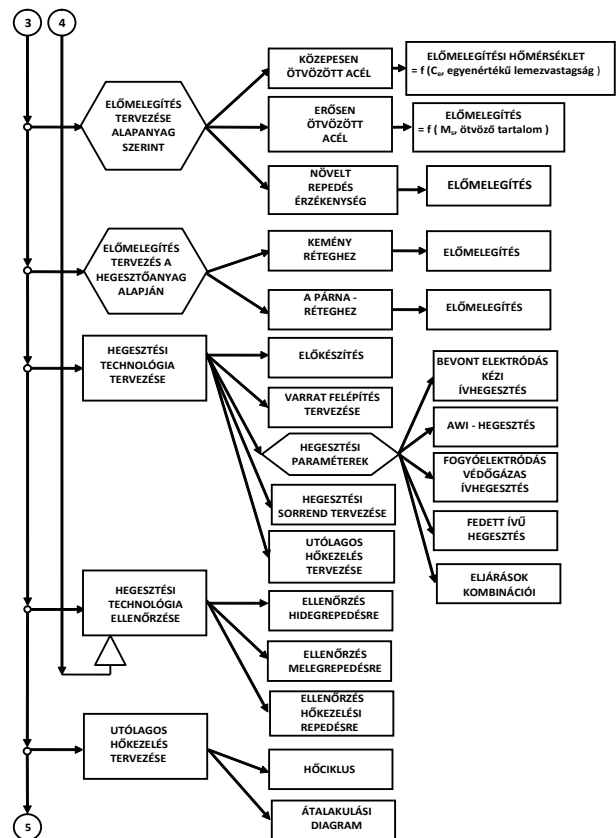
Több hegesztőanyag alkalmazásakor hasznos a párnaréteg alkalmazása. A párnaréteg egy nagy alakváltozó képességű réteget jelent, amellyel megakadályozható a keményrétegekben gyakran keletkező repedések terjedése. A párnaréteg szükségességéről dönteni kell, hiszen ilyenkor több hegesztési eljárás is szóba jöhet.

Sokszor a hegesztőanyagok közül csak bevonatos elektróda, vagy portöltetű huzal létezik, így a hegesztési eljárás is adott ha csak egyféle hegesztőanyag létezik.

A tervezés következő lépése az előmelegítés tervezése (5. ábra). Az előmelegítés szükséges lehet az alapanyag miatt is, de sokszor a hegesztőanyag is igényel előmelegítést. Az előmelegítés tervezése külön dolgozat témája lehet, így csak egy összefoglalást mutatunk be az előmelegítések szokásos értékeire (2. táblázat) [2] felhasználásával.



4. ábra. A hegesztőanyagok kiválasztása (folytatás az 5. ábrán)



5. ábra. A hegesztési munkarend tervezése (folytatás a 6. ábrán)

Az előmelegítés meghatározására léteznek számítási módszerek, ezek részletezésétől most eltekintünk. A hegesztési technológia tervezésének lépései a következők:

- Az előkészítés tervezése,
  - A varrat felépítés tervezése,
  - A hegesztési paraméterek meghatározása, amely az alkalmazott hegesztési eljárástól függ,
  - A hegesztési sorrendek tervezése,
  - Utólagos hőkezelés, a varratok utókezelésének tervezése,
  - A Hegesztő minősítésének előírása,
  - A hegesztő berendezések, esetleg készülékek előírása.
- A hegesztési technológia ellenőrzése a repedések elkerülése szempontjából fontos, így a
- hidegrepedés elkerülése,
  - a kristályosodási repedés elkerülése,
  - a hőkezelési repedések elkerülése
- szempontjából. Ezekre az ellenőrzésekre is léteznek számítási módszerek, tehát az ellenőrzések is elvégezhetők számítógéppel. Abban az esetben, ha az előmelegítés elkerülhető, az gazdasági – és hegesztés-technikai előnyökkel is jár, így célszerű egy iterációval meghatározni azt a munkarendet amellyel az előmelegítés elkerülhető, illetve a hőmérsékletek csökkenthetők.
- A tervezés következő lépése a szerkezet/alkatrész szempontjából szükséges utólagos hőkezelés megtervezése. Ez a hőkezelés lehet nemesítés, normalizálás de akár egy ausztenites edzés is, a feladattól függően.

Alapanyag \ Varratfém	Előmelegítési hőmérséklet, lásd táblázat alsó részében												
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Legfeljebb 300 ... 350 HB (1)	A	D	E	F	H	E	B	X	A	H	H	A	A
Legfeljebb 40 ... 45 HRC (2)	C	C	C	F	H	X	X	X	C	H	H	C	C
Legalább 40 ... 45 HRC (3)	E	E	E	F	H	X	X	X	E	H	H	E	E
Közepesen ötvözött szerszámacél (4)	F	F	F	F	H	X	X	X	F	H	H	F	F
Erősen ötvözött szerszámacél (5)	G	G	G	G	G	X	G	X	G	G	G	G	G
Ferrites króm acél (6)	O	O	O	O	X	E	E	X	A	H	H	E	E
Auszténites Cr – Ni acél (7)	X	X	X	X	X	E	B	B	A	H	H	A	A
Auszténites Mn – acél (8)	X	X	X	X	X	X	B	B	B	X	X	B	B
Auszténites Cr – Mn acél (9)	A	C	C	C	H	E	A	B	A	H	H	A	A
(10): Keményötvözet varrat	A: Előmelegítés nem szükséges, de nagy szelvényméreteknel 100 – 200 °C előnyös												
(11): WC szemcsék, Fe vagy Co bázissal	B: Előmelegítés káros												
(12): WC szemcsék, Ni bázisú	C: Előmelegítés $C_{ekv}$ –ből számítható												
(13): Co vagy Ni bázisú lágyötvözet	D: Előmelegítési hőmérséklet: 100 ... 200 °C												
H: Előmelegítési hőmérséklet: 400 ... 600 °C	E: Előmelegítési hőmérséklet: 150 ... 300 °C												
O: Az alapanyag – varrat párosítás nem szokásos	F: Előmelegítési hőmérséklet: 250 ... 400 °C												
X: Az alapanyag – varrat párosítást kerülni kell.	G: Auszténites előmelegítés: 400 ... 600 °C-ra												

## 2. táblázat

A 6. ábra mutatja a tervezés utolsó lépéseit és az adatkivitel.

A minőségbiztosítás keretében roncsolásmentes és roncsolásos eljárások előírására is gondolnunk kell, az előbbieket a javított vagy felrakó hegesztett szerkezetre kell érteni, míg a roncsolásos vizsgálatok elsősorban a hegesztési utasítás jóváhagyására végzett vizsgálatokat jelenti. A javító-, illetve felrakó hegesztésre készülő hegesztési utasítások (WPS – k) annyira egyediek, hogy az eljárás vizsgálatokra mindig gondolni kell.

A tervezés következő lépései a költség becslések, ezeket nem hajtják végre minden esetben, de ha ilyen adatok ismertek, azok hasznosak lehetnek.

Az adatkivitel képernyőre történik, itt célszerű még lehetőséget biztosítani az adatok ellenőrzésére, módosítására és természetesen a kinyomtatásra. Az adatkivitelből látszania kell mi a feladat és annak megoldására mit javasol a számítógép.

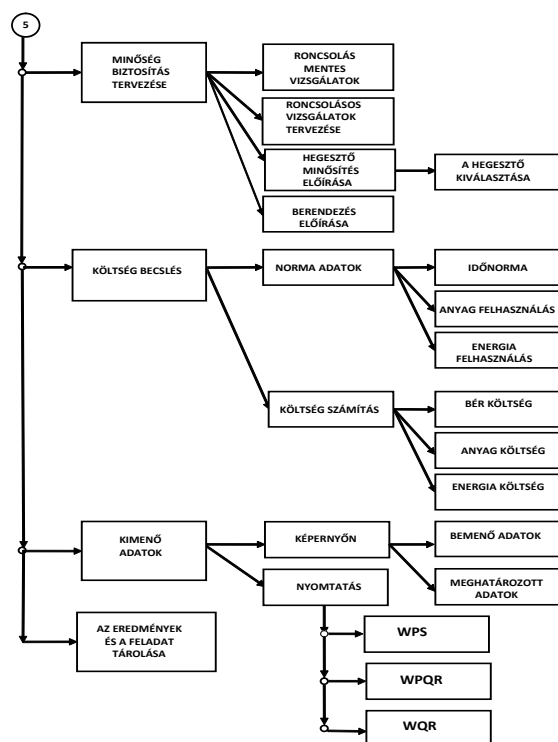
### 3. A JAVÍTÓ- ÉS FELRAKÓ HEGESZTÉS ALKALMAZÁSA A GYAKORLATBAN

A javító- és felrakó hegesztésre számos példát találhatunk a gyakorlatban, ezek közül néhányat a 7. ábrán mutatunk be. Az ábrán látható számok azt mutatják, hogy az adott szerkezet, alkatrész javításakor melyik osztályba sorolt hegesztőanyag alkalmazása bizonyult már sikerrel alkalmazhatónak (lásd 1. táblázat).

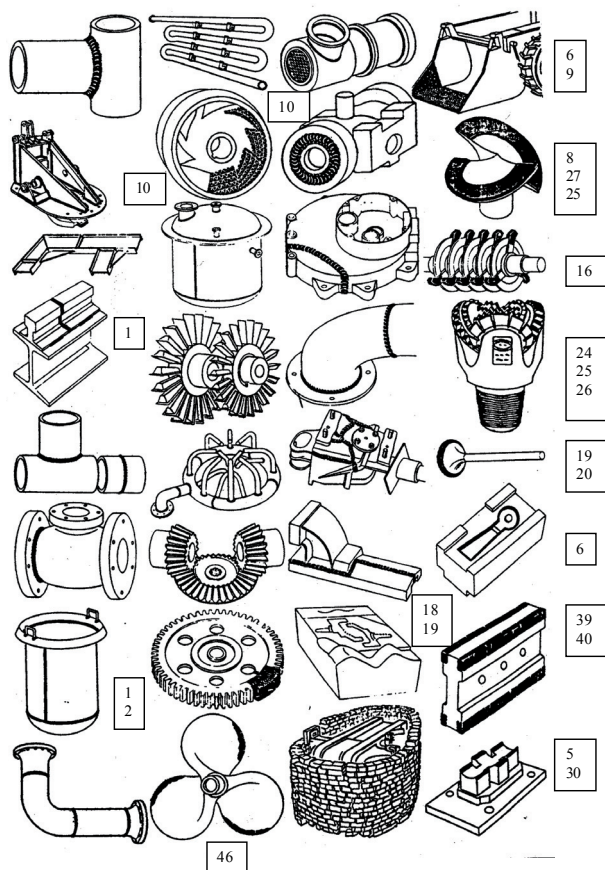
A javító- és felrakó hegesztés tervezésekor azt is figye-

lembe kell venni, hogy a varrat felépítési sorrendek, a hegesztési sorrendek eltérőek a kötőhegesztéseknél megszokott és általában alkalmazott sorrendektől.

A felrakó hegesztésnél alkalmazott sorrendekről a [3] – ban található jól használható összeállítást.



6. ábra. A minőségbiztosítás tervezése és a kimenő adatok



7. ábra. Tipikus példák a javító- és felrakó hegesztés alkalmazására

## ÖSSZEFOGLALÁS

A javító és felrakó hegesztés a gyakorlatban számos gazdasági előnnyel jár, de a tervezése jelentős szaktudást igényel. Ha létezik egy olyan számítógépi program, amely több szakértő tudását felhasználva készül el, akkor az sokat segíthet a gyakorlatban a javító- és felrakó hegesztés tervezésében.

A cikk egy ilyen számítógépi rendszer lehetséges felépítését mutatja be, részletezve a tervezés egyes lépéseit. A tervezés legfontosabb eleme a hegesztőanyag kiválasztás, amely a [2] felhasználásával készült. A

rétegekkel, vagy a kötésekkel szemben támasztott követelmények megfogalmazása esetén a hegesztőanyagok egyszerűen kiválaszthatók. Ez sokszor meghatározza a hegesztési eljárást is és a szükséges előmelegítést.

A bemutatott rendszer alapján készülő számítógépi program alkalmazása a gyakorlatban számos műszaki és gazdasági előnnyel jár.

## SUMMARY

*The application of surfacing or hardfacing and repair welding has much advantage, but process planning of them is required high qualification of Specialists. If we have a computer program for process planning of repair welding and surfacing then it is very useful in the practice.*

*The article presents a possible building up of a computer aided process planning system of repair welding and surfacing with a detailed showing of elements of planning. The most important part of the system is the selection of welding consumable is based on [2]. The determination of requirements of cladding or joint of elements the selection of consumable is a simple task. The consumable is determining the welding processes and preheating temperatures many times.*

*Application of a computer program prepared on the basis of presented system has much economical and technical advantage in the practice.*

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] DR. PALOTÁS B.: A hegesztés modellezésének hazai és nemzetközi helyzete. XI. Országos Hegesztési Tanácskozás, Budapest, 2002. március 28-29., GTE, p.:105–119.
- [2] DR. BAUER F., DR. BÉRES L., DR. BURAY Z., DR. SZITA L.: A hegesztés anyagismerete és a hegesztéstechnológia alapjai, BME, MTI, Budapest, 1995. (Jegyzetszám: 5346)
- [3] DR. ROMVÁRI P., BÉRES L.: Javító és felrakóhegesztés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.



# DIAGNOSZTIKAI MÓDSZEREK HASZNÁLATÁNAK GYAKORLATA A SINERGY KFT. KARBANTARTÁSI GYAKORLATÁBAN

Papp Tibor\*

## BEVEZETÉS

A Sinergy Kft. az energiatermelő szektor egyik szereplőjeként az energiatermelő technológiák széles választékát működteti a telephelyein. Jelen cikkben a Sinergy Kft. karbantartási gyakorlatának ismertetésén keresztül mutatom be a karbantartás szerepét a Társaságunk tevékenységében O&M tevékenység keretén belül, áttekintő képet adva a diagnosztikai módszerek alkalmazásának lehetőségéről és gyakorlatáról.

## RÖVIDEN A SINERGY KFT-RŐL

A Sinergy Kft. 4 fő tevékenységi területen működik, melyek eltérő súllyal jelennek meg a Társaságunk tevékenységében.

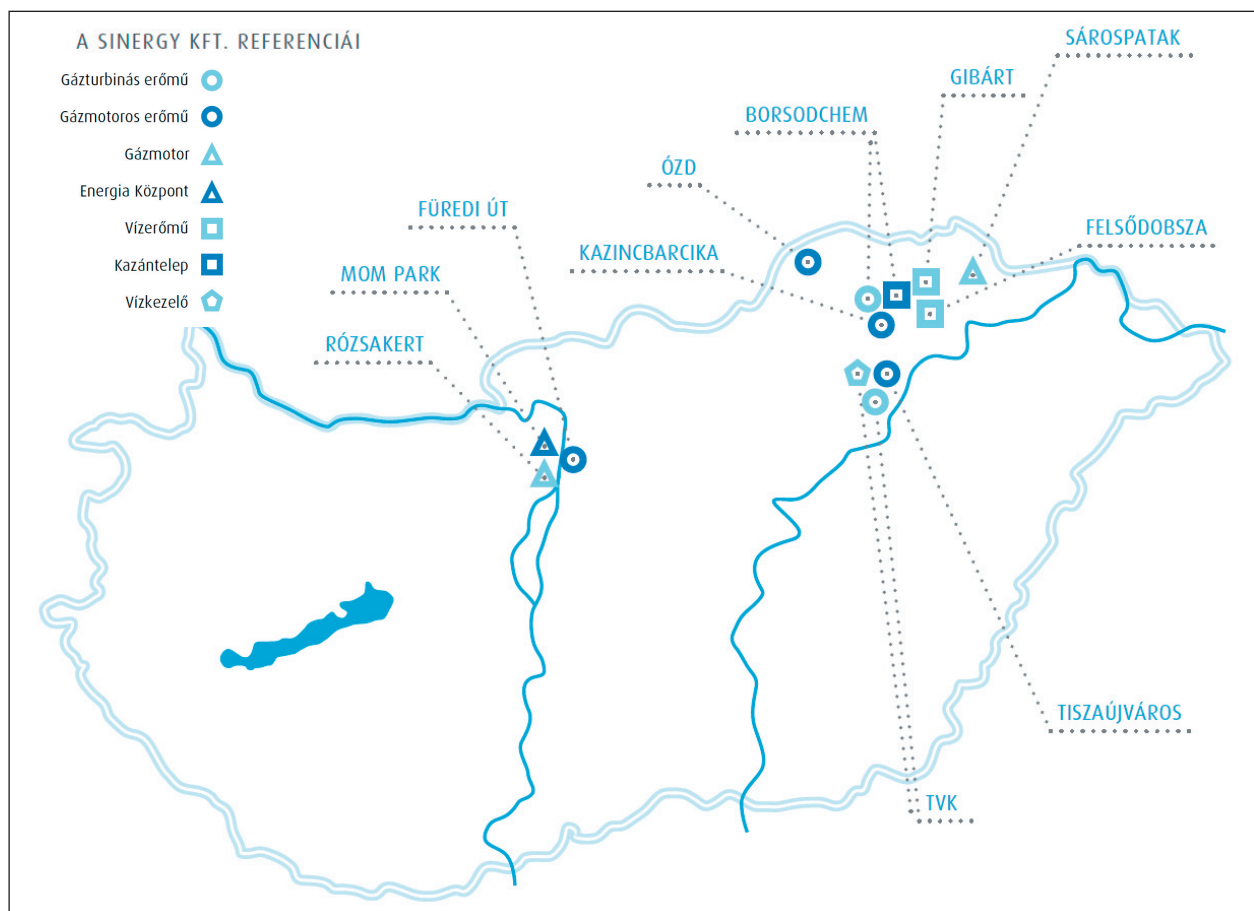
Ezek az alábbi területek:

- Ipari energiaszolgáltatás,
- Távhőellátás,
- Épület energetika,
- Megújuló energiaforrások;

Társaságunk 11 telephelyen nyújt energiaszolgáltatási tevékenységet, melyet az 1. ábra szemléltet.

A telephelyeken alkalmazott technológiák között megtalálható a gőzturbinával és vízturbinával végzett villamosenergia termelés, a gázturbinával és gázmotorral végzett villamosenergia és hőtermelés, valamint a gőz- és forróvízes kazánokkal, abszorpciós- és kompresszoros hűtőgépekkel végzett hőtermelés. Ezekon kívül több telephelyen üzemeltetünk önálló illetve a technológiához kapcsolódó vízkezelő rendszereket.

Társaságunknak jelenleg 112 alkalmazottja van, akiknek ~80%-a a 11 telephelyen üzemeltetési tevékenységet lát



1. ábra Sinergy Kft. telephelyek elhelyezkedése

\*karbantartási menedzser

el az Energiaszolgáltatási divízió szervezetében. A szervezet mátrix szervezeti formában működik ez év elejétől ezzel is elősegítve az új kihívásoknak való minél jobb megfelelést. Szintén az év elejétől a divízióon belül önálló karbantartási szervezet kezdte meg működését, valamint karbantartó technikus munkakörök kerültek kialakításra a telephelyek állományában. A diagnosztikai tevékenység végrehajtását diagnosztikai csoportok végzik, amikbe a telephelyekről kerültek dolgozók delegálásra.

Az üzemeltetési tevékenység feltételei összetett szerződéses rendszer szabályozza. A szerződések közül az üzemeltetési szerződések hatnak ki a közvetlenül az Energiaszolgáltatási divízió tevékenységére. A telephelyenként egyedi (projekt specifikus) üzemeltetési szerződések átfogják mind az üzemeltetési mind a karbantartási tevékenységet de, minden esetben az üzemeltetési feladatokra fókuszálnak. Az esetek nagy többségében teljeskörű felelősséget ruháznak rá az üzemeltetőre, azaz a Társaságunkra, magas rendelkezésre állási vagy megbízhatósági kritériumok megfogalmazása mellett. Mindennek ellentétéleként a szerződések megfelelő jövedelmezőséget biztosítanak a komplex üzemeltetési és karbantartási tevékenység magas színvonalú ellátásához. A karbantartási tevékenység végzése során törekszünk az üzemeltett technológiai rendszer teljeskörű lefedésére. A fő berendezések karbantartását hosszú távú szerződések keretében a berendezések gyártóival végeztetjük. A jelen karbantartási szemléletet jól tükrözve, a karbantartók a fő berendezések karbantartásánál túlnyomórészt megelőző karbantartási módszert alkalmaznak, melyek részleteit a gépkönyvek, gyártóművi előírások, ajánlások tartalmazzák.

## **DIAGNOSZTIKA SZEREPE A KARBANTARTÁSBAN**

A karbantartási tevékenység sikerét a korszerű karbantartási szemlélet bevezetése és alkalmazása alapozza meg. Társaságunk az állapotfüggő karbantartási módszerek bevezetése és széleskörű alkalmazása mellett kötelezte el magát. Tapasztalatom alapján, a korszerű karbantartási szemlélet és gyakorlat bevezetése és szervezeten belüli meghonosítása komoly erőfeszítést és kitartó munkát igényel minden résztvevőtől.

A karbantartási tevékenységhez kapcsolódó céljaink elérésének meghatározó eleme a karbantartási tevékenység stratégiai szemlélete. A karbantartási stratégia a résztvevők számára egységes szemlélet megteremtésével és világos útmutatással segít elhelyezni a karbantartást az értékteremtési láncban. A jövő kihívásait megjelenítve, megfogalmazza a karbantartási tevékenység hosszú távú céljait és az azokhoz szükséges tevékenységrendszer. Az energiatermelő rendszerek karbantartási gyakorlatában a stratégiai szemléletű karbantartás biztosítja azt a paradigmaváltást, amelynek napjainkban a küszöbén állunk.

Társaságunknál ezen küszöb átlépésére készültünk fel. A karbantartási tevékenység új megközelítésű szemléletét bevezetve a megelőző karbantartási módszereket kiegészítve az állapotfüggő- és hibakivárási módszerek átgondolt alkalmazásával, a fő berendezések karbantartása mellett törekszünk a technológiai rendszer teljes lefedésére. Nyitottak vagyunk az új karbantartási módszerek bevezetésére, melyre jó lehetőséget kínál a folyamatosan bővülő diagnosztikai módszerek tárháza. Az új karbantartási szemléletünket saját fejlesztésű komplex üzemeltetési és karbantartási szoftver alkalmazásával támogatjuk meg, lehetőséget biztosítva a későbbi RCM és RBI elemzésekre. Az új „szakértői rendszerünk” széles távlatot nyit meg számunkra az üzemeltetési a karbantartási információk számítógép alapú tárolására, feldolgozására és értékelésére, ezzel is segítve a karbantartási folyamatok megfelelő dokumentálását és megfelelő visszacsatolását az érintettek számára. Nagy hangsúlyt fektetünk a karbantartási tevékenységben résztvevők (karbantartók és üzemeltetők) szakmai ismeretének folyamatos fejlesztése (mélyítés, szélesítés) és a szakmai kapcsolatrendszer hatékony működtetésére (karbantartási tevékenységben résztvevő vállalkozók, beszállítók). Elvárásaink szerint a karbantartási szervezetünk és a karbantartási tevékenység az alábbi feltételek teljesítésével felel meg a velünk szemben megfogalmazott elvárásoknak:

- ✓ Az éves karbantartási költségkeretek megtartása mellett a hosszabb távon a karbantartási költségek csökkenjenek,
- ✓ Érzékelhetően javuljon a berendezések rendelkezésre állása illetve, a magas rendelkezésre állás tartható legyen hosszú távon,
- ✓ Járuljon hozzá a technológiák mélyebb megismeréséhez illetve, a tevékenységben résztvevők ismeretének bővüléséhez;

A saját erőforrással végzett diagnosztikai tevékenység több szempontból is megfelel a fentiekben megfogalmazott elvárásoknak. Mindemellett új szakmai kihívások megjelenésével inspirálja a résztvevőket. Számolnunk kell azonban az eszközök beszerzésének járulékos költségeivel (eszköz beruházás), az oktatási költségek növekedésével, a szervezetben megjelenő erőforrás hiánnyal valamint, a megnőtt szervezési igény megjelenésével. Ezekre meg kell adnunk a megfelelő válaszokat.

A diagnosztikai tevékenység jól illeszkedik a vállalati értékteremtési folyamatba azzal, hogy a hosszú távú folyamatokra irányítja az érintettek figyelmét. Szemléletével hosszú távú perspektívát nyit a résztvevők számára. Eredményével hozzájárul a folyamatok jobb kiszámíthatóságához. A karbantartás diagnosztikai megközelítése jól illeszkedik a stratégiai gondolkodáshoz.

A diagnosztikai tevékenység rövidtávon még nem jelenik meg a karbantartási költségek csökkenésében, de hosszabb távon megalapozottan számolhatunk a karbantartási költségek csökkentésének lehetőségeivel. A

rendelkezésre állás növelő hatásán keresztül közvetlenül hat ki az árbevétel növekedésére. Közvetett hatásként, mint korszerű és hatékony karbantartási módszer hozzájárulhat a biztosítási költségek csökkenéséhez, illetve szinten tartásához.

## DIAGNOSZTIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI ÉS GYAKORLATA

A jelen karbantartási gyakorlata alapján azt gondolhatnánk, hogy csak korlátozottan állnak rendelkezésünkre diagnosztikai karbantartási módszerek a különböző energiatermelő berendezések karbantartásához. A valóság azonban azt mutatja, hogy lényegesen szélesebb a diagnosztikai vizsgálatok köre, mint ahogy azt elsőre gondolnánk. Az energiatermelő rendszerek szinte minden fő berendezéséhez rendelkezésre áll egy vagy akár több diagnosztikai módszer, az állapotuk figyelemmel kísérésére. Az alábbi lista a Társaságunk karbantartási gyakorlatába bevezetett diagnosztikai módszereket sorolja fel.

### Villamos diagnosztika:

- Villamos berendezések szigetelés vizsgálata, polarizációs index meghatározása,
- Részlegkiszülés mérés, tg $\Delta$  mérés,
- Tekercsek ellenállásának vizsgálata,
- Nagyfeszültségű megszakítók ellenőrzése, tesztelése,
- Akkumulátorok ellenőrzése,

### Rezgésdiagnosztika

- Forgógépek rezgésmérése,
- Egytengelyűség ellenőrzés, - állítás,

### Gázmotor diagnosztika

- Turbo feltöltő működés vizsgálat,
- Karter tér nyomásmérés,
- Katalizátor diagnosztika,
- Füstgáz emisszió mérés,
- Gázmotorok szelephézag ellenőrzése,

### Anyagvizsgálatok

- Repedésvizsgálatok - mágneses, ultrahangos,
- Falvastagság mérés,
- Vizuális vizsgálatok mikroszkóppal,
- Vizuális vizsgálatok endoszkóppal,

### Hőfényképezés

- Hőfényképezés hőkamerával,

### Műszeres diagnosztika

- Hőelemek kalibrálása,
- Nyomás és hőmérséklet érzékelők kalibrálása,
- Paraméterek mérése adatgyűjtővel,
- Lemezes hőcserélők hőátadásának a vizsgálata,

### Egyéb

- Ultrahangos szivárgás vizsgálat;
- A vizsgálati módszerek csoportosítása a karbantartási

gyakorlatunkban bevezetett diagnosztikai szakcsoportok tevékenységéhez illeszkedik. A vizsgálatok jelentős részét belső erőforrással végezzük. Szükség esetén természetesen igénybe vesszük a környezetünkben rendelkezésre álló külső szakmai erőforrásokat is. Törekszünk a szakterületen tevékenykedő szakcégekkel szoros kapcsolat kialakítására. Több esetben éltünk a lehetőséggel, hogy a saját méréseinket külső fél kontrol méréseivel verifikáltattuk.

A diagnosztikai tevékenységek alkalmazásában tett kezdeti lépéseinket az élet a vizsgálatok eredményeivel, azaz a kezdődő meghibásodások korai felismerésével, hamar igazolta. Ezen eredményeken felbuzdulva nagyobb léptékben haladtunk előre a különböző módszerek alkalmazásában.

A karbantartási tevékenységünkben alkalmazott vizsgálati módszerek eredményei nap mint nap megjelennek a karbantartási tevékenységek eredményei között, ezzel is hozzájárulva Társaságunk sikeres karbantartási és üzemeltetési tevékenységéhez.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A karbantartás korszerű szemlélete jelentősen hozzájárul az energiatermelő rendszerek hosszú távú megbízható és biztonságos működtetéséhez. A hagyományos megelőző karbantartástól elmozdulva a megelőző- és hibakivárási módszereket bevezetve karbantartási tevékenységbe képesek leszünk megfelelni a karbantartási tevékenységgel szemben megjelenő új kihívásoknak. A szervezet és a folyamatok megfelelő átalakítása fontos része az újszerű megközelítés adaptálásának. Társaságunk a Sinergy Kft. megértve a karbantartás tevékenység kihívásait, elkötelezte magát a karbantartás korszerű szemlélete mellett átalakítva szervezetét és folyamatosan fejlesztve a karbantartási módszereit és ahhoz kapcsolódó eszközrendszert.

## SUMMARY

*The new approach of the maintenance activity has a high additional value to the long term reliable and safe operation of the energy producing technologies. Having moved the maintenance activity from the traditional preventive maintenance introducing the predictive and operating until failure methods we will be able to fit the new challenges towards the maintenance activity. The organization development and the appropriate restructuring of the processes are important part of the new maintenance approach. Understanding the challenges of the maintenance activity our company, Sinergy Kft. committed themselves to the new maintenance approach reorganizing their structure and continuously developing their maintenance methods and their assets connected to them.*



# KARBANTARTÁS AZ IRÁNYÍTÁSI RENDSZEREKBEN

Papp Zsolt Csaba\*

## BEVEZETÉS

Az elmúlt néhány évtized során a karbantartás komoly fejlődésen ment keresztül, míg a karbantartó szervezetek jelentős változáson mentek át, beleértve ebbe:

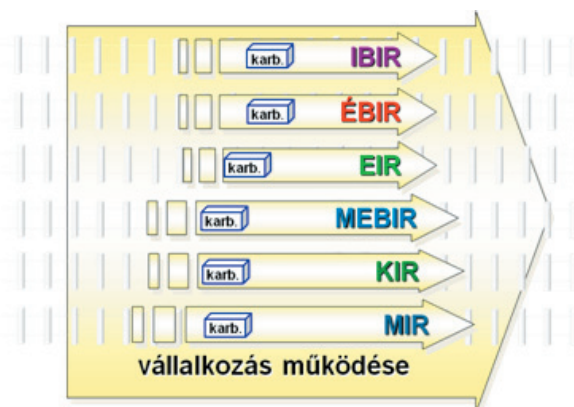
- az eseti karbantartásokból, a tervezett, a megelőző vagy a proaktív karbantartásokra történő áttérést, az állapotvizsgálat alapú, vagy a kockázat alapú karbantartási rendszerek megjelenését,
- de különösen az egyes irányítási rendszerek bevezetése és működtetése okán fellépő szabvány, illetve jogszabályi követelményeknek történő megfelelést, vagy a többirányú kommunikáció folytatását,
- valamint az üzleti és gazdasági életben bekövetkezett strukturális hatásokat.

Az auditori, illetve tanácsadói munkámból adódóan lehetőségem van számos vállalkozásnál a karbantartó szervezetek minden napjaiba, munkájába, gondjaiba, az egy-egy helyen tapasztalt túlélési módszereibe, vagy az elindított fejlesztési tevékenységeibe betekinteni. Ezen tapasztalatokat összegezve, megpróbáltam kifejezetten az *irányítási rendszerek működtetése szempontjából* felvázolni a karbantartás, mint tevékenység igényét az egyes rendszerekben, az elvárásokat, a főbb feladatokat, továbbá a *karbantartás* korábbi és jelenlegi helyzetét, megítélését, a változás irányait.

## 1. INTEGRÁLT RENDSZEREK

A minőségbiztosítási rendszer, illetve a későbbi szabványváltozásokat követően, mint minőségirányítási rendszer mellett újabb és újabb irányítási rendszerek jelentek meg, melyek szintén valamely rendszer specifikus szabvány szerint tanúsíthatók (1. ábra). A már meglévő, illetve a megjelenő vagy bevezetendő új irányítási rendszerek természetesen egymásra építhetők, de amitől igazán működtethetők és előnyösek, az az, hogy az *egymásra építés helyett egymásba integrálhatók*, ezzel valós lehetőséget adva az *integrált irányítási rendszerek* elterjedésének.

Az 1. ábrán látható irányítási rendszerek, önmagukban is működtethetők és tanúsíthatók, azonban ennek nem sok értelme van akkor, ha egy-egy követelmény, folyamat vagy tevékenység több irányítási rendszerben is szerepel. Egy hasonlattal élve ez olyan, mintha egy-egy rendszer, mint egy-egy vonat önálló vágányon haladna, ahelyett hogy a rendszereket valamelyik (pl. a minőségirányítási) rendszerbe integrálnánk és ezzel a hasonló feladatokat egy szerelvénybe rendeznénk (2. ábra).



1. ábra. Karbantartás tevékenységek az egyes irányítási rendszerekben

Jelmagyarázat:

**MIR:** minőségirányítási rendszer (MSZ EN ISO 9001:2009 / ISO 9001:2009, illetve ezen szabványra épülő, de egyedi területekre vonatkozó speciális követelményeket tartalmazó rendszerek, mint pl. MSZ ISO/TS 16949:2010)

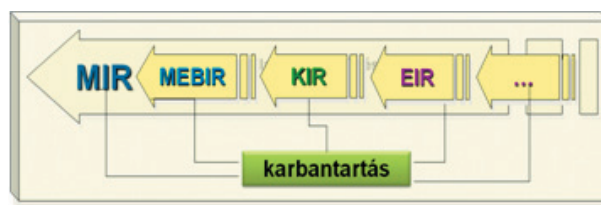
**KIR:** környezetirányítási rendszer (MSZ EN ISO 14001:2005 / ISO 14001:2004)

**ÉBIR:** munkahelyi egészségvédelem és biztonság irányítási rendszer (MSZ 28001:2008 / BS OHSAS 18001:2007)

**EIR:** energiairányítási rendszer (MSZ EN 16001:2009)

**ÉBIR:** élelmiszerbiztonság irányítási rendszer (MSZ EN ISO 22000:2005)

**IBIR:** információ biztonság irányítási rendszer (ISO/IEC 27001:2005)



2. ábra. Karbantartási feladatok integrálása

Bármelyik irányítási rendszert is nézzük, a „*karbantartás*” valamilyen követelmény teljesítése érdekében mindenképpen érintetté válik, igaz bizonyos mértékig hasonló, de az egyes rendszerek specifikumainak, illetve prioritásainak megfelelően más-más követelmény teljesítése érdekében.

## 2. PRIORITÁSOK, ELVÁRÁSOK

Az egyes rendszerek kiépítését és működtetését eltérő prioritások és elvárások vezérlik, ez pedig rendszerenként más és más elvárásokat támaszt a karbantartás, mint szervezettel, és mint működtetendő folyamattal szemben.

A karbantartásra szűkítve az újabb rendszerek bevezetése többnyire nem egy teljesen új struktúra bevezetését jelenti, hanem a már meglévő feladatokra építve, az

\*ÉMI-TÜV SÜD Kft. vezető auditor. e-mail: zspapp@vnet.hu

újabb rendszer specifikus követelményeinek kielégítése érdekében végzendő további tevékenységek bevezetését, illetve azzal történő kibővítését.

Az irányítási rendszerek közül a „legpreferáltabb” a minőségirányítási rendszer, melyet a tanúsított rendszerek száma is jól mutat. Az ok szinte magától adódik, mivel vagy vevői elvárásként, vagy a vállalkozás sikeres és eredményes működtetése érdekében a vezetés (a tanúsi-

tott vállalkozások nagy többségében) először minőségirányítási rendszert vezetett be, majd ezt követően integrálják/integrálták be a többi (rendszerint a KIR, vagy a MEBIR) irányítási rendszert.

Az előbbieket alapján táblázatos formában látható, hogy a működtetett és a tanúsított rendszerekkel szemben melyek a vállalkozások elvárásai és a karbantartásnak ezzel összefüggő feladatai (a teljesség igénye nélkül):

	Elvárások	Főbb feladatok (rendszerenként és egymásra építve)
Minőség (MIR)	siker, eredményesség, vevői elvárások teljesítése, üzembiztonság, stabil működés, üzemképesség, gépképesség, biztosítása	<ul style="list-style-type: none"> <li>gépek, eszközök, nyilvántartása</li> <li>üzemképesség, gépképesség fenntartása, javítása</li> <li>élettartam kibővítése</li> <li>pót- és javítási alkatrészek eszközök igényének megtervezése, minimális készletek tartása</li> <li>tervezett karbantartások és az új gépek telepítése, üzembeállítása</li> </ul>
Munkahelyi egészségvédelem és biztonság (MEBIR)	munkahelyi egészségvédelem és a biztonságos munkavégzés, munkahelyi kockázatok és veszélyhelyzetek csökkentése, megszüntetése	<ul style="list-style-type: none"> <li>jogszabályi megfelelés biztosítása a vonatkozó direktívákat érintően (pl. gépek biztonsága)</li> <li>kockázati lehetőségek megszüntetése (ld. kockázatértékelés, balesetek)</li> <li>gépek mn.védelmi üzembe helyezése, saját területű felügyelete</li> <li>időszakos felülvizsgálatok (pl. érintésvédelem, emelőgépek, tartályok, stb.)</li> </ul>
Környezet védelme (KIR)	a fenntartható fejlődés keretén belül: <ul style="list-style-type: none"> <li>a természeti erőforrások minimális igénybevétele, a szennyező anyagok kibocsátásának csökkentése</li> <li>a környezetszennyezés megelőzése,</li> <li>a környezet védelmét biztosító üzemeltetés fenntartása, ezzel elkerülve a környezeti vészhelyzetet</li> <li>környezetért viselt felelőségek egyértelmű meghatározása</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>környezet védelmével összefüggő berendezések, műtárgyak időszakos felülvizsgálata, karbantartása</li> <li>a környezetvédelmi felügyelet által előírt határértékek és az ezzel kapcsolatos jogi megfelelés biztosítása (pl. fűtés, üzemi levegőellátás, elszívók, leválasztók szűrőképessége, klíma berendezések, szennyvíz-előkezelők, hulladékgyűjtők, galvanizáló kádák és segédberendezései, stb.)</li> <li>infrastruktúra, közművek (víz, áram, szennyvíz, csapadékvíz elvezetés) feltérképezése, időszakos felújítása</li> <li>épületek fenntartása, üzemeltetése (épület menedzsment rendszerek)</li> <li>javaslat tétel a vezetés felé az elérhető legjobb technológia bevezetésére (BAT)</li> </ul>
Gazdálkodás az energiával (EIR)	hatékony(abb) energia felhasználás (a ktg. vagy veszteségek csökkentésére), alternatív vagy megújuló energiaforrások bevonása	<ul style="list-style-type: none"> <li>természeti erőforrások (fogyasztások) felhasználások ismerete, követése (víz, áram, gáz, üzemanyag, kenőanyagok, stb.)</li> <li>víz, áram, gáz beszerzés a piaci területről</li> <li>vesztések, pazarlások ismerete, terv kidolgozása a csökkentésükre</li> <li>szivárgások, tömitetlenségek</li> <li>hibás „megszokásból” eredő veszteségek megszüntetése (pl. állandóan működő világítás, v. készenléti állapot, stb.)</li> <li>üres járáások csökkentése, vagy hulladék hő hasznosítása (pl. kompresszoroknál)</li> <li>épület energetikai állapotának javítása, megfelelés biztosítása</li> <li>geotermikus energiaforrások hasznosítási lehetősége</li> </ul>

### 3. A VÁLTOZÁS, IRÁNYVÁLTÁS, MÚLT ÉS JELEN

A magyarországi vállalkozásokat a 90-es éveket követő változások (leépítések, minden fajta összevonások, és ki tudja még mi egyéb indokkal végrehajtott átszervezések) sok esetben negatívan érintették, melyben a karbantartó szervezeteket szinte *elvonták*, illetve *távol tartották* az értéktermelő gyártási/szolgáltatási folyamatokból. A menedzsment a karbantartást – néhány üdítő kivételtől eltekintve –, mintegy szükséges rossznak tekintette, melynek eredményeképpen a karbantartó szervezetek működésükben ellehetetlenültek, egyfajta vegetációs állapotba kerültek, de mégis teljes szakmai odaadással és becsülettel működtek.

2008. szeptemberében, bekövetkezik a „VÁLSÁG”. Sok esetben ez maga a vég volt, de ugyanakkor egyben egy változás megindítója is. Amennyire „*elkényelmesedten*” kezelték a cégek a folyamataikat, úgy egyik pillanatról a másikra (még ha nem is ilyen gyorsan, de) valamilyen rövid vagy hosszú távú intézkedéseket indítottak el. Ilyenek például:

- *megszabadulni mindentől, ami nem szükséges, vagy felesleges (léghajó elv - balanszok kidobálása)*
- *racionalizálás, költségcsökkentési akciók*
- *beruházások elhalasztása mellett, előtérbe kerülnek a megtakarítások (élettartamok kibővítése, felújítások kiterjesztése minden olyan gépre berendezésre, amelyre csak lehet)*

- *beszerzések, alvállalkozások csökkentése*
- *visszahozni és megoldani vállalkozáson belül minden olyan tevékenységet, amit csak lehet és érdemes.*

A válság, a változás igényét felfogó vállalkozásoknál, egy ténylegesen ésszerű és a korábbiól alapjaiban eltérő új folyamatok elindítását, illetve az egymással összefüggő tevékenységek összerendelésének újra tervezését indította el. Ezen cégeknél a „kabát újra gombolása” során,

a vállalaton belüli karbantartás szerepe ismét felértékelődött, és ha lassan is, de valós helyére kerül.

A tömörséget szem előtt tartva a karbantartást jellemző *múltbeli* és a változást követő *jelen* helyzetet az alábbi táblázatban foglaltam össze. A változás persze értelem szerűen nem mindenkit, nem mindenben és nem egyformán érintett, de nagy általánosságban mégis csak igaz.

MÚLT	JELEN
<b>SZERVEZET</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ megszabadulni a nem értéknövelő tevékenységektől (mint pl. ellenőrzés, vagy a karbantartás) ezzel elindítva a kihelyezéseket és az átszervezéseket</li> <li>▪ a „szervezet-lelapolítás, racionalizálás keretén belüli létszámleépítés, mindez változatlan folyamatok és infrastrukturális feltételek mellett (ugyanazon vagy megnövekedett feladatok végrehajtása kisebb személyzettel), melynek végeredménye a káosz)</li> <li>▪ új rendszerek bevezetésénél az elvárások növekedése, de a feltételek biztosítása nélkül</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ az integrált rendszerekben az összegezés helyett a párhuzamos tevékenységek összekötése, a feladatok integrálása</li> <li>▪ a folyamat kimenete a meghatározó, nem maga a feladat végrehajtása, előtérbe kerül a folyamat értéke</li> <li>▪ a karbantartás már tényleges része a menedzsmentnek (már nem csak jelentéseket ad, hanem a tervezésbe is bevonják)</li> </ul>
<b>IMAGE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a „TMK”, avagy a Karbantartás a „vállalati mindenés”</li> <li>▪ a karbantartás műhelyei, vagy az ahhoz rendelt területek a telephely/üzem végén vannak és azok is olyanok, mint egy lerakat (régie eszközök, berendezések, kutyük, stb. tömkelege, olyan mint egy „technikai időutazás”)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ változnak a megnevezések (Karbantartás menedzsment, Üzemfenntartás, vagy Facility)</li> <li>▪ már nem különálló egység hanem (többnyire) része az üzem(ek)nek (különösen új üzemeknél vagy a folyamatos gyártást folytató cégeknél)</li> <li>▪ az „SS” itt is érvényesül, üzem az üzemben, már a megjelenés is más (pl. korszerű eszközök, felújított vagy új helyen lévő műhely, vagy az üzemegységekben elhelyezett mobil egységek, munkaruházat, stb.)</li> </ul>
<b>KOMMUNIKÁCIÓ</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ vezetés felé szinte csak egy irányú és beszámoló jellegű</li> <li>▪ ... és időnként a külső felek irányába és csak a karbantartásba bevont szolgáltatók felé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ már nemcsak lehetőség, hanem kötelezően végzendő (a műszaki és péti. adatokkal alátámasztott) elemzés, értékelés és a javaslatok benyújtása</li> <li>▪ a jelentések továbbítása folyamatmutatókra építve, a vezetéssel már kétirányú kommunikáció</li> <li>▪ kommunikáció a hatóságokkal vagy felügyeleti szervezetekkel, illetve a piaci résztvevőkkel</li> <li>▪ kommunikáció az irányítási rendszerek megbízottjaival vagy külső tanácsadókkal</li> </ul>
<b>SZEMÉLYZET, KÉPZETTSÉG</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ... igazi szakemberek, probléma megoldók és polihisztorok és már nem fiatalok</li> <li>▪ képzés csak akkor, ha nagyon szükséges és ha jut rá pénz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fontossá válik az ismeretek növelése és folyamatos fenntartása</li> <li>• jogszabályi, szabványossági ismeretek (mint pl. KIR, MEBIR vagy EIR tekintetében)</li> <li>• technikai újítások (karbantartó, javító berendezések, vizsgáló, eszközök, módszerek, új technológiák)</li> <li>• menedzsment ismeretek (pénzügy, projektek kezelése, statisztika, stb.)</li> <li>• informatika (VIR, távfelügyelet, berendezések, PLC vezérlés, mérő vagy egyéb szoftverek használata)</li> <li>▪ egyre kiemeltebb cél a fiatalítás, képzett fiatal szakemberek bevonása</li> </ul>
<b>ESZKÖZÖK, MÓDSZEREK</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ uralkodó elv „... a jó ez így, Ti úgy is mindent meg tudtok oldani ...”</li> <li>▪ többnyire elavult eszközök használata, ha valami mégis kell, majd szolgáltatót vonunk be</li> <li>▪ a vezetés csak akkor ad pénzt, ha már minden kötél szakad (a tűzoltás a fontosabb, mint a megelőzés)</li> <li>▪ néhány lelakott számítógép, jó esetben a hálózatba bekapcsolva, alapvetően csak MS Office alapú szoftverek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ténylegesen előtérbe kerül a megelőzés, az állapotvizsgálat és a diagnosztika (az eddigi „tanulók” mára komoly gyakorlatra tettek szert)</li> <li>▪ az okokra koncentrálnak és nem a tünetek megszüntetésére</li> <li>▪ a vezetés komoly hangsúlyt helyez a módszerek ismeretére és alkalmazására (hiba megelőzés, proaktív karbantartás, TPM, FMEA, ok-okozati diagram, stb.)</li> <li>▪ továbbra is bevonnak szolgáltatót, de csak ott, ahol ténylegesen indokolt és</li> <li>▪ elindul az eszközpark fejlesztése</li> <li>▪ bevonás a beruházásoknál (kiválasztás, telepítés, garanciális igények pontosság, üzemeltetési köv. összeállítása, stb.)</li> <li>▪ teljes bevonás az informatikai hálózatba, spec. szoftverek használata (VIR, vagy pl. mérőszoftverek)</li> <li>▪ előtérbe kerül az elektronikus dokumentálás, illetve az adatgyűjtés és az ezekre épülő adatelemzés és döntés</li> <li>▪ javaslatok, mutatószámok alapján (gépképesség, meghibásodások, leállások, kapacitás kihasználás, egyéb felhasználások, stb.)</li> </ul>



## ÖSSZEFOGLALVA

Az irányítási rendszerek megjelenésével és működtetésével kapcsolatban összességében elmondható, hogy az irányítási rendszert ténylegesen fenntartani és fejleszteni akaró vállalkozásoknál a bevezetésekor látszólag megnövekedett feladatok ellenére is, a karbantartás:

- *egyrészt szabályozottabbá, nyomonkövethetőbbé és legfőképpen igazolhatóbbá vált (gondoljunk csak a minőségirányítási rendszer bevezetése előtti és az azutáni állapotra),*
- *másrészt olyan fontos követelményeknek is meg tud felelni, mint például a jogszabályokban, illetve a hatóságok által előírt határértékek betartását lehetővé tévő és támogató üzemfenntartás, illetve üzemi kiszolgálás (lásd pl. a KIR, a MEBIR, vagy az EIR vonatkozó követelményeit).*

A jól működtetett integrált rendszerekben a karbantartási tevékenységek nem duplikálódnak, hanem a jogszabályokban, illetve a vonatkozó szabványokban rögzített követelmények teljesítése érdekében a hasonló feladatok egymásba integrálódnak. Csak példaként, ha egy berendezést valami miatt műszaki szempontból meg kell vizsgálni, akkor érdemes, illetve eleve ésszerűnek tűnik már a munkavédelmi, a környezetirányítási, az energiagazdálkodási szempontoknak, jogi, vagy szabványossági előírásoknak való megfelelést is vizsgálni, különösen, ha az ellenőrzést követően egy javításról, felújításról, vagy akár egy beruházásról kell dönteni.

A rendszerek működtetése természetesen nem hagyja érintetlenül a karbantartási feladatokat végző szervezeteket sem, így nagyon fontos, hogy a vezetés (menedzsment) a **KARBANTARTÁST** ne egy szükséges vagy megtűrt rossznak, hanem az értékteremtést ténylegesen támogató, a sikerhez hozzájáruló és a jogi megfelelést segítő szervezeti egységként kezelje.

### **MANUFUTURE „A JÖVŐ GYÁRA” C. KONFERENCIA A MACH-TECH 2011 kiállításon** (MANUFUTURE Conference “ Factory of the Future” in the Innovation Research and Development in Manufacturing Engineering on the MANUFUTURE 2011 International Trade Exhibition of Machine Manufacturing and Welding Technology)

**A konferencia időpontja: 2011. május 18. (10:30-14:30) • Helyszín: Kiállítói Fórum**

A kutatás–fejlesztés hazai helyzetének további javítását segítheti a MACH-TECH szakkiállításon a hagyományoknak megfelelően megrendezésre kerülő kutatás–fejlesztési eredményeket bemutató „innovációs” konferencia. Magyarországon az uniós csatlakozás után fokozott jelentősége van a kutatás–fejlesztés nemzeti támogatásának, az unió megfogalmazott céljainak elérése érdekében.

A MACH-TECH 2011 kutatás–fejlesztési eredmények bemutatása szekcióján a HUNGEXPO támogatásával az egyetemek és műszaki főiskolák témához kapcsolódó szak-tanszékei valamint az MTA kutatóhelyei és azon cégek és vállalkozások kaphatnak kiállítási és bemutatkozási lehetőséget, amelyek részt vesznek a hazai innováció és az Európai Unió kutatás–fejlesztési projekteiben.

A felsőoktatási és más kutatóhelyek a jelentősebb nemzetközi szakkiállításokon rendszerint megjelennek azokkal az eredményeikkel, amelyek erősíthetik a gazdaság (ipar) és a felsőoktatási, valamint a többi kutatóhely kapcsolatait. Ezzel is elősegítve az innováció tudásbázis alapú fejlesztését és eredményeinek elterjesztését. A magyar gazdaság egyik húzóágazatában, a gépiparban, időszerű és kiemelten fontos a kutatóhelyek eredményeinek képességeinek megjelenítése a szakkiállításokon.

A GTE által szervezett konferencián bemu-

tatásra kerülnek sikeres innovációt megvalósító projektek, olyan gyártási technológiák, amelyek jól reprezentálják azt az innovációt, amelynek eredménye sikeres innovatív termék, vagy technológia. A konferencia mottója a „Jövő Gyára”, amelyre alapozva az ipar legfontosabb kutatás–fejlesztési és innovációs területek eredményei mutathatók be:

- **Fenntartható** gyártás (Versenyképes Fenntartható Gyártás **CSM**)
- **IKT-alapú** (infokommunikációra épülő) **intelligens** gyártás
- **Nagy teljesítményű** gyártás
- **Új anyagok hasznosítása** a gyártáson keresztül.

Figyelembe véve a téma összetettségét, a Manufuture Technológiai Platform és a többi európai technológia platform által végzett jövőkép, stratégia és road-map alkotó munka eredményeit, ennek a konferenciának a már említett négy nagy tématerület köré kell strukturálnia.

A konferencia célja a bemutatott termékek, példák segítségével a magasabb innováció tartalmú, hatékonyabb, gazdaságosabb, jobb minőséget produkáló gyártás lehetőségeinek az ösztönzése. Elsősorban magyar vásárlatógatók a megcélzott célcsoport, de mivel a kiállítók kb.20 országból várhatók, valamilyen potenciális résztvevői a konferenciának. A konferencia eredményeinek hasznosítása a konferencián résztvevő cégek mérnökeinek és műszaki szakembereinek mun-

kájában, a munka szakmai színvonalában, a naprakész ismeretekben, és a szakemberek tájékozottságának növelésében jelentkezik. A hazai kis és középvállalatok számára nyílik nagyobb rálátás az innovációs lehetőségek ösztönzésére az anyagfeldolgozás és a gyártási technológiák területén.

A konferencián a magyar ipar által megrendelt technológiai jellegű kutatásokról számolnak be az ország több egyetemének oktatói és a korszerű szerszámgyártás kérdéseiről hallhatnak az érdeklődők tájékoztatást. Témakörök:

- ▶ nanotechnológiai kutatások és alkalmazások
- ▶ lézer alkalmazási kutatások fémek megmunkálásában;
- ▶ kompozit anyagok megmunkálása forgácsolással;
- ▶ háromdimenziós optikai méretellenőrzés és geometriai modellezés az autóalkatrész gyártásban;
- ▶ minimál-kenés a fémforgácsoló technológiákban;
- ▶ rapid prototípus és gyors szerszámgyártás; stb.

A szervezők minden érdeklődőt szeretettel várnak elsősorban az alkatrész gyártó kis- és középvállalkozások területéről, akik gazdaságosabb, korszerűbb technológiát és szerszámgyártást kívánnak felhasználni. Érdeklődésre és kérésre külön meghívót és programot küldünk. A részvétel ingyenes.

GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET • 1027 Budapest, Fő u. 68. • 1371 Budapest, Pf.: 433 • 202-0656, 202-0252 • mail.gte@mtesz.hu

# NANOSZERKEZETEK SZAKÍTÓVIZSGÁLATÁNAK SZIMULÁCIÓJA

## SIMULATION OF THE LOADING TEST FOR NANOSTRUCTURES

Pataki Tamás\*

### ABSTRACT

*The loading tests of nanostructures can be carried out either very difficult or in an incorrect way. Therefore the loading simulations solved theoretically have large significance. For this purpose a new algorithm was developed. The base of the algorithm is that the atomic forces can be calculated from the derived function of the energetic potential functions of the chemical bonds. The steps are shown on the examples of carbon nanotubes having extreme strength properties and their junctions.*

**Kulcsszavak:** szakítóvizsgálat, szimuláció, nanoszerkezetek, szén nanocsövek

### BEVEZETÉS

Szén nanocsövek szakítóvizsgálati kísérletére kétféle példát találtam a szakirodalomban. Mindkét esetben atomi erő mikroszkópok tüi közé rögzített mintát húztak, az egyik esetben nanocső kötegeket [1], a másik esetben többfalú szén nanocsövet [2-3]. A kísérletek nehézsége mellett probléma volt az is, hogy a vizsgált minták pontos szerkezete ismeretlen volt, nem lehetett tudni, mire vonatkoztak pontosan a mérések.

Többen próbálkoztak szakítódiagramok elméleti úton történő meghatározásával [4-8]. A módszereknek az alapja mindig az, hogy az atomi erőket a kémiai kötések energiáját meghatározó potenciálfüggvények deriváltjaként lehet meghatározni. Ma már csaknem mindenhol az empirikus Brenner-potenciált alkalmazzák [9] erre a célra. A kapott eredmények azonban meglehetősen különböztek, esetenként több nagyságrendnyi eltérések is voltak pl. a számolt szakítószilárdság értékeiben [4-8]. Az eltérések a Brenner-formulák különbözőképpen történő alkalmazásából adódtak. Többen észrevették ugyanis, hogy amíg a Brenner-formulák kiválóan alkalmazhatóak egyensúlyi helyzet meghatározására, az atomi erők számításánál már problémák adódnak, mivel a derivált függvényen töréspont és ugrásszerű meredekség változások vannak, amelyek nem magyarázhatóak a kémiai kötések viselkedésével. Elsősorban ennek a problémának a különböző módokon történő megkerülése

okoza a nagy eltéréseket a Brenner-potenciállal számolt szilárdságok között. A problémára a legjobb megoldást úgy adták meg, hogy a töréspontot, az ugrásszerű változásokat a derivált formulákon matematikailag kiküszöbölték, úgy, hogy közben változatlanul megmaradt az egyensúlyi helyzet keresésének lehetősége is [10].

Ebben a munkában szén nanoszerkezetek szakítóvizsgálatának szimulációs algoritmusához készítettem számítógépes programot, úgy, hogy futtatható legyen nagy atomszámok esetére. Ezzel lehetőséget teremtettem arra, hogy a legújabb kutatások szerint különböző célokra ajánlott újabb szén nanoszerkezetek, elsősorban a nanocső elágazások [11-15] és hálózatok [16-18] alapvető szilárdsági tulajdonságait meghatározhassuk. Ez azért fontos, mert a szén nanoszerkezetek esetében az egyik legérdekesebb tulajdonság a nagy szilárdság az ugyancsak rendkívül érdekes elektromos viselkedés [19-20] vizsgálata mellett.

### A SZAKÍTÓVIZSGÁLAT SZIMULÁCIÓJÁNAK ALGORITMUSA

Mivel az atomok közötti kötőerőket ebben a munkában is a kémiai kötések energetikai potenciálfüggvényének deriváltjaként számolom, szükségesnek látom ismertetni a Brenner-formulákat [9]. Eszerint az energetikai potenciált az egymástól  $r_{ij}$  távolságban lévő  $i$ -edik és  $j$ -edik atomok között ( $V(r)$ ) egy taszító ( $V_R$ ) és egy vonzó taggal ( $V_A$ ) írjuk le:

$$V(r_{ij}) = V_R(r_{ij}) - \bar{B}_{ij} V_A(r_{ij}) \quad (1)$$

ahol a  $D_e$ ,  $S$ ,  $\beta$  és  $R$  anyagállandók segítségével megadott tagok:

$$V_R = \frac{D_e}{S-1} e^{-\sqrt{2S}\beta(r-R)} f_{ij}(r_{ij}) \quad \text{és}$$

$$V_A = \frac{D_e S}{S-1} e^{-\sqrt{2/S}\beta(r-R)} f_{ij}(r_{ij}) \quad (2)$$

Az  $f_{ij}$  korrekciós függvény matematikailag polinomokkal felírt formula. Kettős szerepe van: egyrészt adott (elég nagy) hatótávolságon kívül levégja a vonzó és taszító hatásokat, másrészt parametrikus alakja miatt a formulákat mérési eredményekhez lehet illeszteni,

*Harmadéves Ph.D. hallgató, Szent István Egyetem, Gödöllő. e-mail: pataki.tamas@gek.szie.hu*

mindkét funkció az egyensúlyi helyzettől távolodva fejti ki hatását [10]. Ennek bevezetésével oldották meg azt is, hogy a Brenner-formulák deriváltján nincsenek töréspontok és ugrásszerű változások.

A  $B_{ij}$  tényező segítségével vesszük figyelembe az atomok lokális környezetének (első és második koordinációs szféra) hatását és a kötések különböző szögeit:

$$B_{ij} = \left[ 1 + \sum_{k(\neq i,j)} G(\theta_{ijk}) f_{ik}(r_{ik}) \right]^{-\delta} \quad (3)$$

ahol  $\theta_{ijk}$  az i-j és i-k kötések szöge, G pedig az  $a_0$ ,  $c_0$ ,  $d_0$  anyagállandókkal megadva:

$$G(\Theta) = a_0 \left[ 1 + \frac{c_0^2}{d_0^2} - \frac{c_0^2}{d_0^2 + (1 + \cos \Theta)^2} \right] \quad (4)$$

Az (1) formulában szereplő tényező:

$$\bar{B}_{ij} = (B_{ij} + B_{ji}) / 2 \quad (5)$$

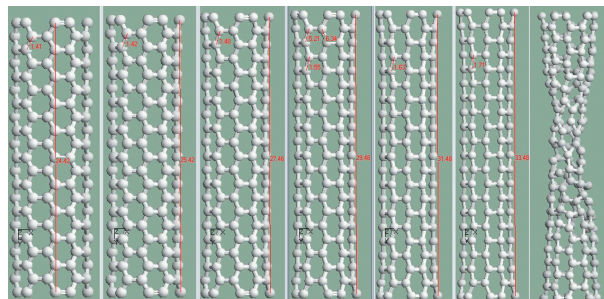
A szakítóvizsgálat szimulációs algoritmusának lépései:

1. Szén nanoszerkezet megadása az atomoknak megfelelő pontkoordináták táblázatával, terheletlen, nyugalmi állapotban.
2. A terhelés helyén lévő atomok elmozdítása a terhelés irányában, kis távolsággal. (Az elmozdítás mértéke olyan kicsi, hogy nem zavarja meg a következő lépés egyensúlyi helyzet számítását.)
3. Új egyensúlyi helyzet számítása (Brenner-formula minimalizálása): az előző lépésben elmozdított és a rögzítés helyén lévő atomokat helyben hagyjuk, a közöttük lévő atomokat relaxáltatjuk az egyensúlyi helyzet kiszámításáig.
4. Kötőerők számítása.
5. Az előző három lépés ismétlése, amíg a szerkezet nem sérül vagy szakad.
6. A kötőerőket természetesen a leggyengébb helyen (keresztmetszetben) elegendő számítani, mivel azonban ez a hely a húzás során csak később lesz ismert, ezért az erőket célszerűen a lépések után rögzített táblázatokból utólag is ki lehet számítani. Végül a leggyengébb keresztmetszeten vektoriálisan összegzett kötőerők eredőjét ábrázoljuk a megnyúlás függvényében, és ez lesz a szakítódiagram.

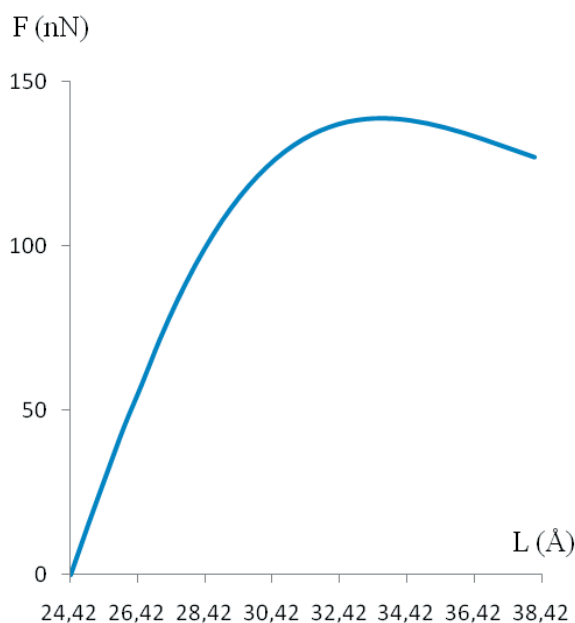
Az algoritmusra saját számítógépes programot készítettünk. A futtatási eredményeket először egy egyenes nanocső példáján mutatom. Az 1. ábrán baloldaltól a jobboldal felé haladva pillanatfelvételeket látunk a húzásszimulációból. A kiindulás a baloldali állapot. Feltételezzük, hogy a 24,42Å hosszúságú cső alját rögzítettük, a felső részt húzzuk függőlegesen felfelé. A szimulációban az elmozdításokat 0,01Å lépésekben végeztük. Öt közbenső állapotot látunk balról jobbra haladva, végül a jobboldalon a tönkrement szerkezet látszik. Az egyenes szén nanocső szakítódiagramját a 2. ábrán mutatom.

A kutatómunka célja a bevezetésben említett, sok atom-

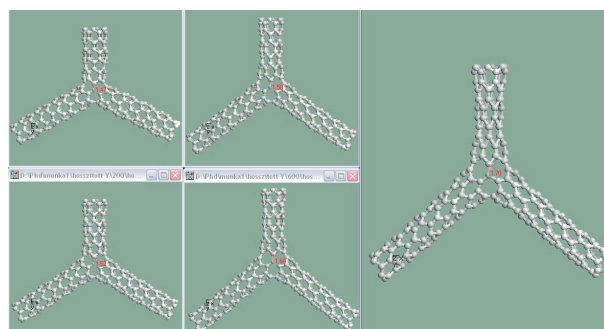
ból álló szén nanoszerkezetek szakításvizsgálatainak elvégzése lesz az új szimulációs eszközzel. Az első futtatás eredményét mutatom a 3. ábrán, ahol szén nanocső Y-elágazás szakítóvizsgálatának pillanatfelvételeit látjuk. A húzás a csövek tengelyeinek irányában történik. Az első értékelés szerint még csak annyit sikerül eldönteni, hogy ez a szerkezet a csomópontban (elágazásnál) fog szakadni, ugyanis a kötések itt kezdenek legjobban megnyúlni. A további kiértékeléseket, újabb szerkezetek vizsgálatát a későbbiekben folytatom.



1. ábra. Pillanatfelvételek az egyenes szén nanocső húzásából



2. ábra. Az egyenes szén nanocső szakítódiagramja



3. ábra. Pillanatfelvételek az Y-elágazás húzásából.



## ÖSSZEFOGLALÁS

Új számítógépes algoritmus készült nanoszerkezetek szakításvizsgálatainak szimulációjára. Az eszköz azért jelentős, mert a nanoszerkezetek esetében a kísérleti úton történő szakításvizsgálatok vagy nem végezhetőek el, vagy rendkívül nehézkesen, sok költséggel végezhetőek. Az első futtatási eredményeket egyenes szén nanocső és nanocső Y-elágazás példáján láthatjuk.

## SUMMARY

*Considering the experimental tools the loading tests of the nanostructures can be carried out very difficult or they cannot be solved in correct way. Therefore the loading simulation developed theoretical way has large significance. Such an algorithm is shown in this work. The base of the algorithm is that the atomic forces can be calculated if we derive the mathematical formula of the energetic potential function of the chemical bonds. The steps of the algorithm are detailed furthermore the first calculation results are shown for carbon nanostructures which, as it is known, have extraordinary strength.*

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatási munka az OTKA K 73776 pályázat támogatásával készült.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] YU MF, FILES BS, AREPALLI S, RUOFF R.: Tensile loading of ropes of single nanotubes and their mechanical properties. Phys. Rev. Lett. 2000; 84:5552-5555.
- [2] DEMCZYK BG, WANG YM: et. al. Direct mechanical measurement of the tensile strength and elastic modulus of multiwalled carbon nanotubes. Mater. Sci. and Eng. A 2002; 334:173-178.
- [3] YU MF, LOURIE O, DYER MJ, MOLONI K, KELLY TE, RUOFF RS.: Strength and breaking mechanism of multiwalled carbon nanotubes under tensile load. Science 2000; 287:637-640.
- [4] FU CX, CHEN YF, JIAO JW.: Molecular dynamics simulation of the test of single-walled carbon nanotubes under tensile loading. Sci. in China E 2008; 50:7-17.
- [5] MYLVAGANAM K, ZHANG LC.: Important issues in a molecular dynamics simulation for characterising the mechanical properties of carbon nanotubes. Carbon 2004; 42:2025-2032.
- [6] AGRAWAL PM, SUDALAYANDI BS.: et. al. Molecular dynamic simulations of the dependence of C-C bond lengths and bond angles on the tensile strain in single-wall carbon nanotubes, Comput. Mater. Sci 2008;41:450-456.
- [7] DUAN WH, WANG Q, LIEW KM, HE XQ.: Molecular mechanics modelling of carbon nanotube fracture. Carbon 2007; 45:1769-1776.
- [8] BELYTSCHKO T.: et.al. Atomistic simulations of nanotube fracture. Phys. Rev. B 2002; 65:235430-1-8.
- [9] BRENNER DW.: Empirical potential for hydrocarbons for use in simulating the chemical vapor deposition of diamond films. Phys. Rev. B 1990; 42:9458-9471.
- [10] ZSOLDOS I., LÁSZLÓ I.: Computation of the loading diagram and the tensile strength of carbon nanotube networks, Carbon 2009; 4:1327-1334
- [11] ZSOLDOS I, KAKUK G, RETI T, SZASZ A.: Geometric construction of carbon nanotube junctions. Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 2004; 12:1-16.
- [12] LASZLO I.: Construction of atomic arrangement for carbon nanotube junctions. Phys. Stat. Sol. 2007; 244:4265-4268.
- [13] ZSOLDOS I, KAKUK GY., JANIK J., PÉK L.: Set of carbon nanotube junctions, Diamond and Related Materials 2005; 14:763-766.
- [14] TING JM.: et.al. Carbon nanotubes with 2D and 3D multiple junctions. Carbon 2004; 42:2997-3002.
- [15] ZSOLDOS I, KAKUK GY.: New formations of carbon nanotube junctions, Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 2007; 15:739-747.
- [16] ROMO-HERRERA JM, TERRONES M, TERRONES H, DAG S, MEUNIER V.: Covalent 2D and 3D networks from 1D nanostructures: Designing new materials. Nanoletters 2007; 7:570-576.
- [17] GRANER G.: Carbon nanonets spark new electronics. Scientific American 2007; 5:58-65.
- [18] COLUCI VR, DANTAS SO, JORIO A, GALVAO DS.: Mechanical properties of carbon nanotube networks by molecular mechanics and impact molecular dynamics calculation. Phys. Rev. B 2007; 75:075417-1-7.
- [19] WEI DC, LIU YQ: The intramolecular junctions of carbon nanotubes, Advanced Materials, 2008; 20:2815-2841.
- [20] LÁSZLÓ I., ZSOLDOS I.: Calculation of curvature effects and hybridization in zigzag carbon nanotubes, Phys. Status Solidi B 2009; 246:2610-2613.

# CIU<sup>2</sup>-VEL A HULLÁMOK HÁTÁN – A HOERBIGER ÚJGENERÁCIÓS DIAGNOSZTIKAI RENDSZERÉNEK ISMERTETÉSE

*Regős Gábor\**

## BEVEZETÉS

Napjainkban egy korszerű, a kor és a gazdasági verseny követelményeit kielégítő termelő üzemben a termelő gépek állapotfelügyelete elengedhetetlen eszköze a hatékony, versenyképes termelés megvalósításának. Sok üzemben a levegőt, földgázt vagy egyéb technológiai gázokat szállító dugattyús kompresszorok a termelő egység alapvető gépei, ezekre épül a technológia. Váratlan meghibásodásuk, termelésből való kiesésük üzemegységek, esetleg gyárak leállítását okozhatják. A jellemzően magas termelési érték, a nagy értékű következményes károk, valamint a hiba kijavításához szükséges alkatrészek magas ára és hosszú szállítási határideje miatt ezen váratlan meghibásodások által okozott gazdasági károk alapjaiban veszélyeztethetik egy üzem, legrosszabb esetben egy vállalat gazdaságosságát. Az üzemek gazdasági és karbantartási vezetői számára elengedhetetlen fontosságú tehát, hogy a váratlan leállások kiszűrésével megakadályozzák a jelentős károk keletkezését. Megfelelő állapotfelügyeleti rendszerek alkalmazásával ezen károk döntő hányada kiküszöbölhető.

A nagy értékű berendezések karbantartása, – értelem szerűen – magas tartalék alkatrész költséggel, magas ráfordított munkaidővel és túlóraköltséggel jár. Az állapotfelügyeleti rendszerek alkalmazása nagy segítséget jelent a karbantartási költségek optimalizálásában is. Üzemeltetési szempontból további előnyt jelent, hogy a diagnosztikai rendszerek egyes moduljai alkalmasak a kompresszor teljesítményének figyelemmel kísérésére is, így például a termelési program pontosabban tervezhető. Az alábbiakban bemutatásra kerül a HOERBIGER dugattyús kompresszorok állapotfelügyeletére vonatkozó elmélete, a forgó mozgást és alternáló mozgást végző gépek közötti különbségek, a felügyelet stratégiája és a felügyeleti rendszerek kialakításának koncepciója, valamint azok megvalósíthatósága. Egy gyakorlati példán keresztül szemléltetésre kerül fentiek megvalósíthatósága is.

## DUGATTYÚS KOMPRESSZOROK ÁLLAPOTFELÜGYELETÉNEK ELMÉLETE

Egy gépegység állapotát az egyes elemek, és azok beépítésének állapota határozza meg. Ezen tétel alapján

---

\* HOERBIGER gépvédelmi és diagnosztikai rendszer – Hoerbiger Service Hungaria Kft.

egyszerű kockázatelemzési módszerrel minden egyes alkatrész besorolható egy kockázati mátrixba. Dugattyús kompresszorok sajátossága, hogy a kompresszorok méretezési, tervezési sajátosságaiból, illetve a beépített alkatrészek működéséből és az alkalmazott anyagok jellemzőiből adódóan az egyes elemek helyei a kockázati mátrixban szélsőségesen távol eshetnek egymástól. A meghibásodási valószínűség a kompresszió térben működő alkatrészeknél nagyságrenddel nagyobb, mint például a hajtási mechanizmus elemeinél. Ugyanakkor a meghibásodások során keletkező károk, elsősorban a következményes károk a hajtás elemeinek esetében jellemzően nagyságrenddel nagyobbak.

A kompressziótér főbb elemei (viszonylag gyakori meghibásodási valószínűség, rövidebb élettartam):

- szelepek
- szelepvezérlés
- dugattyúgyűrű
- vezetőgyűrű
- tömszelence
- dugattyúrúd

A hajtás elemei (jellemzően ritka meghibásodás):

- keresztfej (keresztfej vezető, keresztfej csap, keresztfej persely)
  - hajtókar, hajtókar csapágó
  - forgattyús tengely, forgattyús tengely bakcsapágó
- Állapotfelügyeleti rendszer telepítése előtt érdemes átvizsgálni a kompresszor „előéletét”, számba venni a gyakori meghibásodásokat, feltárni annak okait és ezek alapján feltérképezni az üzemeltetés szempontjából kritikus alkatrészeket.

Feltétlenül meg kell még említeni, hogy a dugattyús kompresszorok üzemét a szállított közeg összetételének és állapotának változása érzékenyen befolyásolja, sokszor a határértékek átlépése meghibásodáshoz vezet. Így ezen paraméterek figyelemmel kísérése szintén elengedhetetlen feladat lehet.

Végül, de nem utolsó sorban, figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a dugattyús kompresszorok szerelése bonyolult feladat, a kitűnő szakemberek által elvégzett javításba vagy összeszerelésbe is kerülhet hiba, melynek diagnosztikai rendszerrel történő kiszűrése komoly előny mind a karbantartó, mind az üzemeltető számára.

Dugattyús kompresszorok állapotfelügyeleti rendszereinek kiépítésekor tehát – a fenti elméleti tételek figyelembe vételével – meg kell határozni azon alkatrészek csoportját, melyeket figyelemmel kívánunk kísérni.

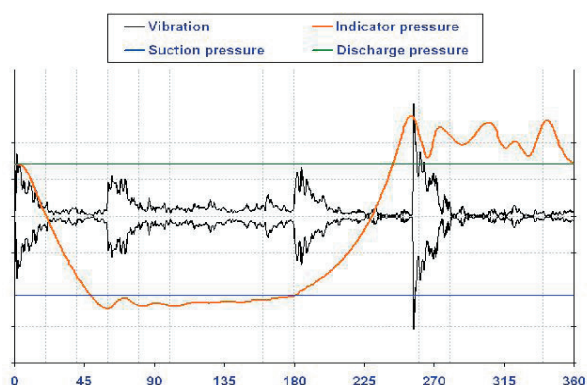
## FORGÓ MOZGÁST ÉS ALTERNÁLÓ MOZGÁST VÉGZŐ GÉPEK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK

Dugattyús kompresszorok diagnosztikájáról tárgyalva, feltétlenül szót kell ejteni a forgó mozgást végző és az alternáló mozgást végző gépek közötti különbségekről. A dugattyús kompresszorok működésére az alternáló mozgás és annak sajátosságai jellemzőek. Alapvető különbség, hogy amíg egy forgó mozgást végző gép jellemzői hosszú ideig stabilak, tehát például több fordulat alatt azonos rezgésértéket mérhetünk és ezt a mérést esetleg órákkal később is reprodukálhatjuk, addig dugattyús kompresszorok esetében számos paraméter értéke egy fordulaton belül jelentősen változhat. Ugyanakkor szemben egy csapágyhibával, melynek kifejlődési ideje több hét is lehet, például egy szeleplep törés néhány perc alatt lezajlik. Dugattyús kompresszorok diagnosztikája esetén tehát az úgynevezett on-line rendszerekkel lehet megfelelő eredményt elérni.

Alternáló mozgást végző gépekre nem minden esetben igaz, de dugattyús kompresszorokra jellemző a viszonylag alacsony fordulatszám (általában 300-600 fordulat/perc, legfeljebb 1000 fordulat/perc).

Meg kell említeni, hogy amíg a forgó gépek üzemére a stabilitás jellemző, (általában állandó üzemi paraméterek, állandó vagy lassan változó fordulatszám) addig az alternáló gépek működési jellemzői ehhez képest drasztikusan változhatnak. Sok esetben ezt a változást a saját szabályzóegység hozza létre és ezek a változások jelentősen befolyásolhatják egy diagnosztikai rendszer által mért paramétereket.

Fentiek alapján dugattyús kompresszorok esetében tehát megkülönböztetünk *statikus* jeleket, amelyek hosszú időn keresztül állandóak (ilyen lehet például egy hőmérsékleti vagy nyomás érték), ezeket a továbbiakban üzemi paraméternek nevezzük. Emellett megkülönböztetünk *dinamikus* jeleket, amelyek egy fordulaton belüli változása jellemzi az alkatrész állapotát (1. ábra).



1. ábra: Dinamikus és statikus jelek a főtengely fordulata mentén

Dugattyús kompresszorokra jellemző dinamikus jelek:

- rezgés
- indikátornyomás
- rúdfutás

## DUGATTYÚS KOMPRESSZOROK FELÜGYELETÉNEK STRATÉGIÁJA, FELÜGYELETI RENDSZEREK KIALAKÍTÁSÁNAK KONCEPCIÓJA

Amennyiben döntés születik arról, hogy az állapotfelügyeleti rendszer mely alkatrészek állapotának diagnosztikájára alapuljon, meg kell határozni, milyen eszközöket alkalmazunk a diagnosztizáláshoz.

Dinamikus jelek segítségével diagnosztizálható jellemzők: *Rezgés:*

- Keresztfej hiba • Keresztfej csap hiba • Keresztfej-dugattyúrúd csatolás hiba • Dugattyúrúd törés • Szelep/szelepkosár rögzítési hibák • Folyadékütés

*Indikátornyomás*

- Szelepek állapota • Dugattyú gyűrűk állapota • Tömszelence szivárgás • Vezérlőelemek működése • Szívósűrű eltömődés • pV-diagram és analízisa • Szívó- és nyomónyomás a hengerben • Indikált teljesítmény • Hatásfok • Szívó és nyomó oldali veszteségek • Gázáramlási rendellenességek • Pulzáció • Szelepek ferde zárása • Maximum hengernyomás • Maximális rúderő (nyomásra) • Maximális rúderő (húzásra) • Rúderőváltás • Olajletapadás miatti késői szelepszárás (túlzott hengerekedés)

*Rúdfutás*

- Vezetőgyűrű kopás

Továbbá a teljes fordulat alatt: • Dugattyúrúd kiállítás • Keresztfej/dugattyúrúd csatolás hiba • Dugattyúgyűrű törés • Henger-keresztfej ágy egytengelyűség probléma • Keresztfej hézag.

*Statikus jelekkel diagnosztizálható jellemzők:*

- Szelephibák (szelepfedél hőmérsékletmérés, nyomásmérés) • Tömszelence hibák (tömszelence öblítőgáz hőmérsékletmérés) • Egyéb.

Fenti felsorolásból kitűnik, hogy a kompresszor jellemzőinek széles skálája diagnosztizálható. A diagnosztikai módszerek kiválasztásakor, elsődleges szempontot kell élveznie a célszerűségnek. Olyan jelet kell kiválasztani, ami leginkább jellemzi az adott alkatrész hibáját, vagy ami legjobban lefedi a diagnosztizálni kívánt alkatrészcsoportot. Fontos szempontnak kell lennie a jelek értelmezhetőségének is. Ez azt jelenti, hogy ahol bármilyen oknál fogva nem áll rendelkezésre széleskörű tapasztalatokkal rendelkező szakember, vagy a cél az automatizáltság magas fokának elérése, ott törekedni kell olyan jelek diagnosztizálására, amelyek szemléletesen megjeleníthetők, és amelyekhez megbízható riasztási szintek illeszthetők.

## GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁS

*Rezgés jelek:* a gyorsulásérzékelőket egyedi kijelöléssel a forgattyús házra illetve a keresztfej ágyra kell elhelyezni. Egyes esetekben, ahol az állapotfelügyeleti rendszer gépvédelmi feladatokat is ellát, gyorsulásérzékelők kerülnek a hengerekre is.



**Indikátornyomás:** az indikátornyomás a hengertérben uralkodó pillanatnyi nyomás. Ez a nyomás a hengerben előzetesen elhelyezett furatokon (indikátor furat) kerül kivetésre és ott egy rövid reakcióidejű nyomásérzékelővel történik az érzékelés. Ahol ilyen furat nem áll rendelkezésre, ott a nyomószelep központi csavarján és a nyomószelep fedélen keresztül lehet az indikátornyomást kivetetni.

**Rúdfutás:** a tömszelence és az olajlevezető ház között, az úgynevezett köztes térben kerül elhelyezésre egy indukzív érzékelő. A rögzített érzékelő folyamatosan méri a dugattyúrúd és az érzékelő közti távolságot.

A beérkező jeleket egy külön erre a célra beépített fázisjeladó (felső holtpont jeladó) segítségével szinkronizálni kell. Az így létrehozott **fázisolt** jelek alkalmasak további feldolgozásra. A feldolgozás történhet eszközvédelmi célból vagy diagnosztikai célból.

## GÉPVÉDELEM

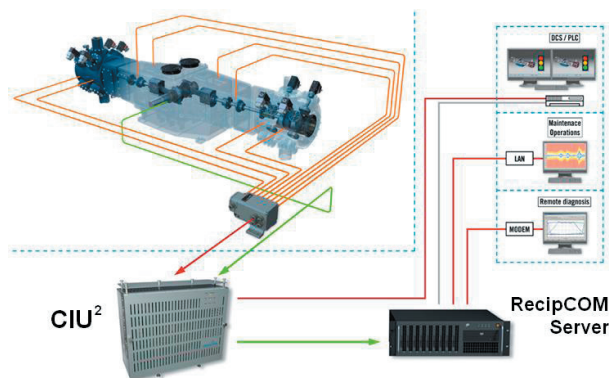
A súlyos, környezeti biztonságot vagy emberéletet veszélyeztető meghibásodások megakadályozására biztonsági reteszeket vagy biztonsági PLC-t alkalmaznak. Ezen rendszerek kulcsfontosságú eleme a döntéshozó szerv, az a berendezés, ami a bejövő jeleket kiértékeli és szükség esetén a riasztási jelet kiadja. Az úgynevezett **CIU<sup>2</sup>** egy ilyen, a Hoerbiger által speciálisan dugattyús kompresszorokra kifejlesztett berendezés, mely megfelel a nemzetközi biztonságtechnikai szabványokban és előírásokban (például az API 670 és az IEC 61508) foglaltaknak. A berendezés hardver-bázisú (szoftvermentes), a forgattyús ház, a keresztfej ágy és a hengervegység rezgésjeleit a főtengely fordulata szerint értékeli ki. Illeszkedő többszintű riasztási jel kiadására alkalmas. Továbbá a rúdfutás érzékelők és az indikátor nyomás érzékelők jeleiből számított értékekre (rúdfutás érték, rúderő váltási érték, rúderő, stb.) szintén többszintű riasztási értékek állíthatók be. A berendezés képes a riasztási jeleket állapotfelügyeleti rendszer (biztonsági PLC) felé továbbítani, így abba integrálható.

## DIAGNOSZTIKA

A mért jelek rögzítés és kiértékelés végett adatgyűjtő PC-re is továbbíthatók. A PC lehetővé teszi a gyűjtött és tárolt adatok távoli kiértékelését. A HOERBIGER állapotfelügyeleti software, a **RecipCOM** alkalmas:

- a beérkező statikus és fázisolt dinamikus jelek hosszú távú tárolására (3 év egy időben kezelhető adatmennyiség)
- a dinamikus jelek megfelelő megjelenítésére, például indikátor nyomás időbeni lefutása és az ebből képzett pV-diagram is

- aktuális és jellemző (közel múlt beli) jelek megjelenítésére a figyelmeztető és riasztási határértékekkel együtt
- a különböző időpontban és helyen megjelenő jelek összehasonlítására, például a javítás utáni állapot összevethető az aktuálissal vagy két henger rúdfutás görbéje összehasonlítható
- Dinamikus jelekből időben trend képzésére és megjelenítésére
- számított értékek (indikált teljesítmény, rúderő váltási pont, stb.) kalkulációjára és megjelenítésére



2. ábra: A HOERBIGER RecipCOM kompresszor védelmi és diagnosztikai rendszer felépítése

## ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalásként az alábbiak, mint a dugattyús kompresszorok állapotfelügyeleti rendszereinek sajátosságai sorolhatók fel:

- diagnosztizálásra és gépvédelemre az on-line rendszerek alkalmazása indokolt
- diagnosztizálásra és gépvédelemre a dinamikus jelek (rezgés, indikátornyomás, rúdfutás) a legalkalmasabbak, néhány statikus jel jó kiegészítő lehet
- dinamikus jelek illeszkedő riasztási jeleinek beállítása gyors és pontos gépvédelmet biztosít
- diagnosztikát a dinamikus jelek megfelelő gyűjtésével, tárolásával, feldolgozásával és megjelenítésével lehet biztosítani.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] American Petroleum Institut API 670
- [2] International Standards IEC 61508
- [3] HOERBIGER RecipCOM User Manual
- [4] S. M. LEONARD: Increasing the Reliability of Reciprocating Compressors on Hydrogen Services. Presented at the NPRA Maintenance Conference, May 20-23, New Orleans, Louisiana (1997)

# KARBANTARTÁST ÉS ÜZEMVITELT TÁMOGATÓ INFORMÁCIÓS RENDSZEREK

## Fejlesztési megoldások és a bevezetés tapasztalatai

Seregi András\*

### ABSZTRAKT

Egy modern hatékonyan működő karbantartási rendszer fő célja a berendezések rendelkezésre állásának maximalizálása. A rendelkezésre állás egy berendezés vonatkozásában azt jelenti, hogy a berendezés egy meghatározott időpontban vagy időintervallumban megfelelő módon üzemel és ellátja a szükséges funkciókat. A rendelkezésre állás növelésével nő a berendezés termelékenysége és ez által növekszik a vállalat profitja:

- Csökken a berendezések meghibásodási aránya, állásideje
- Hatékonyabban lehet kihasználni a műszaki és humán erőforrásokat
- Csökkennek a karbantartási költségek

Cikkünkben olyan integrált üzemvitelt és karbantartást támogató szakértői rendszereket mutatunk be, amelyek megoldást nyújtanak a fentebb vázolt feladatokra.

### BEVEZETŐ

Az utóbbi időben különböző szemléletű karbantartási stratégiák lettek kidolgozva. Ezek a stratégiák általában a preventív, korrektív, állapot-függő, megbízhatóság-központú és kockázat-alapú karbantartási technikákat kombinálják. A megfelelő üzemeltetési és karbantartási stratégia meghatározása rendkívül összetett feladat, ami elképzelhetetlen adekvát informatikai háttér létrehozása nélkül.

A vállalat üzemeltetési és karbantartási tevékenysége egy sor stratégiai döntések eredményeképpen keletkezik. A megfelelő döntésekhez viszont megbízható információs háttérre van szükség. Csak így lehet műszakilag megalapozott, gazdaságos, megbízható üzemvitelt tervezni. Szükség van egy kardinális szemléletváltásra – a hagyományos értelemben vett „üzemviteli karbantartást” fel kell hogy váltsa a stratégiai karbantartás. A kritikus berendezésekre kell fókuszálni a karbantartást – azaz a létesítmények azon 20%-ra kell koncentrálni, melyek a problémák 80%-t okozzák.

Különböző profilú ipariágak példáján illusztráljuk a rendszerfejlesztés alapelveit illetve az informatikai rendszerek bevezetése során szerzett tapasztalatokat. Így például a vonalas létesítmények esetében elsődleges szempont a térinformatikai funkcionalitás, statikus berendezések karbantartásánál az RBI (Risk Based Inspection) alapú inspekción tervezés dominál, ezzel szemben a forgógépek esetében az RCM (Reliability Centered Maintenance) alapú karbantartás kerül előtérbe.

\*kutatófejlesztési osztályvezető, piLINE Számítástechnikai Kft., Budapest

### NYOMVONALI INFORMÁCIÓS RENDSZER

1996-ban kezdtük el fejleszteni a MOL nagynyomású gázvezeték hálózatának nyilvántartási rendszerét a NYIR-t. A NYIR egy GIS (Geographic Information System) rendszer, ahol minden információ geodéziai koordináthoz vagy vezeték szelvényhez van kötve. Ha, például elrendelünk egy vizsgálatot, feltárást vagy javítást, akkor pontosan tudnunk kell hogy hol helyezkedik el a kérdéses helyszín, milyen utakon lehet megközelíteni ezt a haviárium helyszínt, milyen ingatlanokat, szolgalmi jogokat érint a karbantartási tevékenység (1. ábra).



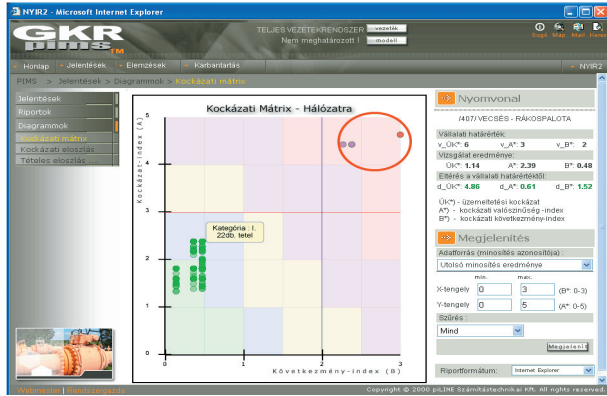
1. ábra. Nyomvonalai Információs Rendszer

A teljes rendszer adatbázisának feltöltése 2000-re fejeződött be. Ez több mint 5000 km csővezeték komplex műszaki adatnyilvántartása, ami csőszálanként tartalmazza a geodéziai, gépészeti, diagnosztikai adatok halmazát. Átlagosan 10-12 méteres csőszálakkal számolva ez kb. 7-8 ezer adattétel egy-egy szakterület vonatkozásában vezetékenként, és még ehhez jönnek a szerelvények illetve a gázátadó állomások gépkönyvei. Erre az óriási adatnyilvántartásra épül a kockázat alapú vezetékminősítő rendszer.

A vezetékminősítés egy kockázatalapú pontrendszer. Vizsgálat alá vesszünk minden kockázatonnövelő tényezőt (azaz mérlegeljük a meghibásodás valószínűségét) illetve megbecsüljük az esetleges meghibásodással járó következményeket. A minősítéshez szükséges adatokat közvetlenül a műszaki adatbázisból töltjük be – ezek úgynevezett szakterületi modulokban vannak csoportosítva – úgy mint geodézia, gépészet, katódvédelem, diagnosztika, szolgalmi jog, stb.

A csővezetékrendszer specifikumából adódóan a legfontosabb és a legmegbízhatóbb információt a minősítés során az intelligens csőgörényezés szolgáltatja. A csőgörény egy komplex adatgyűjtő műszer, amit behelyeznek a csőbe és a szállított közeggel, a gázzal hajtának meg. A műszer méri a

csőfal mágneses fluxusát és ebből határozza meg a fémfogyási helyeket. A görény észleli a belső és külső korróziót, de kimutatja a zárványokat és a varrathibákat is. A görényezés alapján milliméter pontossággal lehet meghatározni a maradék falvastagságot és a ERF (Estimated Repair Factor) értéket, azaz a becsült javítási tényezőt (elsősorban az ERF befolyásolja a vezeték kockázati minőségét). A kockázatelemzés eredménye a kockázati mátrixon jelenik meg (2. ábra).

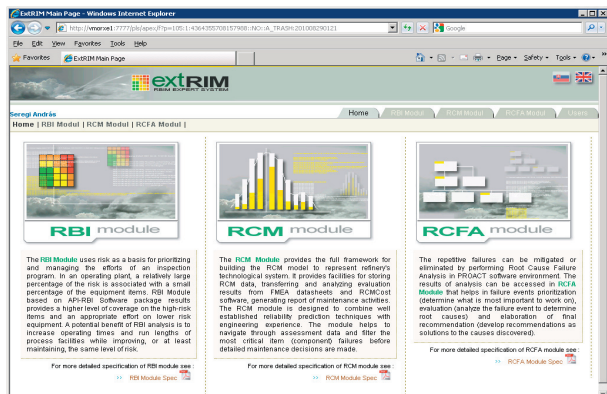


2. ábra: Kockázati mátrix

A kockázati érték alapján sorba rendezzük a vezetékzakszainkat és egyenként áttekintjük a kockázatonövelő szempontokat. Minden tényező vonatkozásában a rendszer felajánlja a lehetséges kockázatsökkentő intézkedéseket így komplex karbantartási terveket tudunk szimulálni. A szimulációt addig kombináljuk, amíg el nem érjük a kívánt eredményt. Az intézkedési terv jóváhagyása után karbantartási munkalapokat lehet generálni a konkrét tevékenységek elvégzésére.

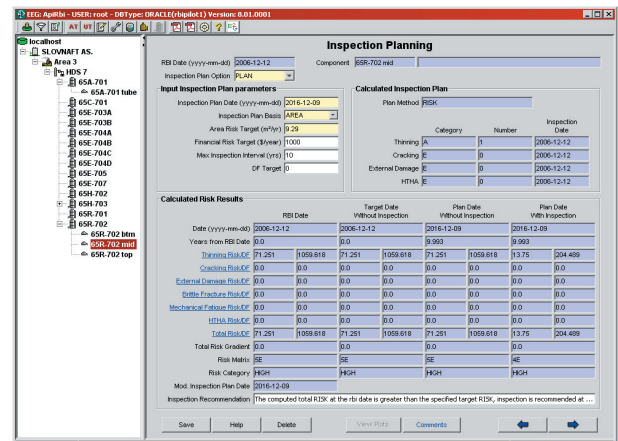
### STATIKUS BERENDEZÉSEK INSPEKCIÓJA

A következő példánk a Pozsonyi finomító számára készült szakértői keretrendszer – az extrIM (Expert System for Risk Based Inspection and Maintenance Plannig). A rendszert 2006-ban kezdtük el fejleszteni és tavaly adtuk át a feltöltött adatbázissal együtt. A rendszer kizárólag a statikus berendezéseket kezeli és alapvetően a kockázat alapú inspekcióntervezés feladatait támogatja. Ezen felül van a rendszerben RCM alapú karbantartás tervező modul is, de statikus berendezésekről lévén szó ez a modul nincs hatékonyan kihasználva (3. ábra).



3. ábra. extrIM Rendszer

Az extrIM rendszer fejlesztése sok szempontból egyedi volt. Meg volt kötvé például, hogy az RBI elemzést az API 580/581 szabvány szerint kell elvégezni, méghozzá kvalitatív és kvantitatív szinten. Ebből automatikusan az következett, hogy külső szoftvert kellett beépíteni a rendszerbe ami nemzetközi API tanúsítvánnyal rendelkezik és kvantitatív számításokat képes végezni. Nem sok hasonló szoftver van a piacon, végül az amerikai Equity Engineering Group termékére az API-RBI szoftverre esett a választásunk. A kvantitatív elemzéshez egy berendezés vonatkozásban kb. 500 attribútumot kell betölteni a rendszerbe: tervezési adatok, anyagszabvány, méretek, üzemeltetési paraméterek, stb. és ehhez jön még a károsodási mechanizmusok specifikálása. A bemeneti adatok 90%-ka kötelező jellegű, azaz ha nincs megadva a szükséges információ, akkor nem tud kockázatot értékelni a program. Ha sikerült leküzdeni az adatgyűjtés és adatbevitel nehézségeit, akkor a szoftver jó eséllyel kiszámolja a kockázati értéket és inspekciónt javasolt. Ezeket az eredményeket automatikusan beimportáljuk a keretrendszerbe. A keretrendszer felületén a szakértő jobban át tudja tekinteni a döntés előkészítéshez szükséges információkat: itt egy helyen hozzáférhet a törzsadatokhoz, kockázatelemzéshez, technológiai ábrákhoz. Ezen információk alapján a szakértő véglegesíti a karbantartási terveket. A terveket általában egy üzemi munkacsoport véleményezi és hagyja jóvá (4. ábra).



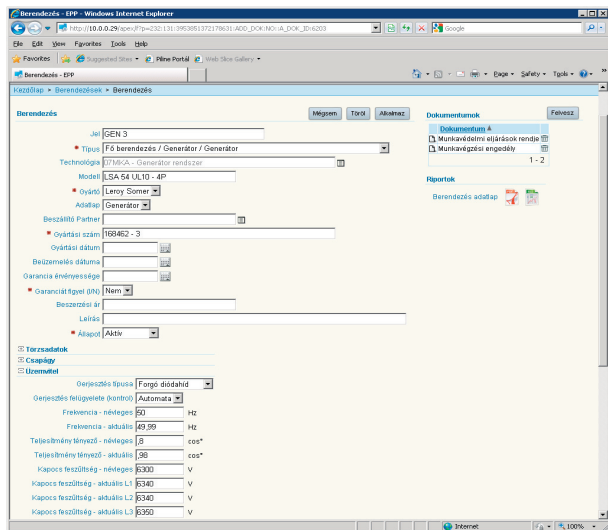
4. ábra. Inspekción tervezés

### KARBANTARTÁS ÉS ÜZEMVITEL AZ ENERGIASZOLGÁLTATÁSBAN

Végül a legutóbbi fejlesztésünkben szeretnénk bemutatni néhány funkciót. Ezt a rendszert a Sinergy Energiaszolgáltatási divíziója rendelte meg. A fejlesztés még jelenleg is tart. Várhatóan a következő év elejétől kezdve a teljes üzemvitel és karbantartás menedzselése már ezen a rendszeren fog történni a vállalat 12 telephelyén (5. ábra). A teljesség igénye nélkül néhány főbb funkció / szolgáltatás, amit a rendszernek biztosítania kell:

- Technológiai egységek, berendezések komplex műszaki adatbázisa
- Személyi állomány, partnerek, szerződések, raktárkészlet naprakész nyilvántartása
- Időszakos és üzemóra alapú preventív karbantartás tervezés



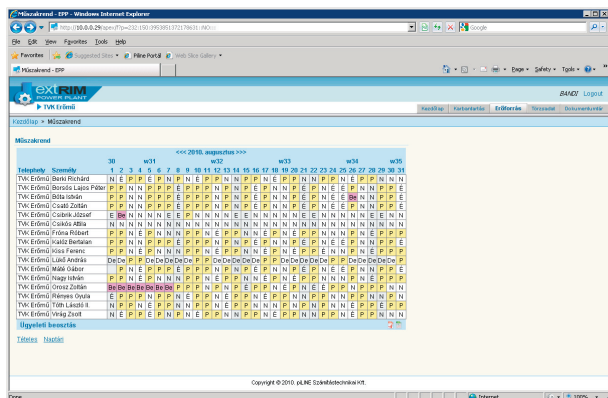


5. ábra. extRIM Power Plant – Törzsadatok

- Műszakbeosztás, erőforrás tervezés, munkarendelés és munkaengedélyeztetés
- Diagnosztikai vizsgálatok és mérések kezelése, műszaki állapotfelügyelet
- Eseménynaplózás, üzemi paraméterek és állásidő figyelés, rendkívüli hibaelhárítási intézkedések kezelése
- Külső adatgyűjtő rendszerek, adatbázisok, SAP integrálása
- Karbantartási stratégiák meghatározása és optimalizálása RBI/RCM/RCFA elemzések alapján
- Időszakos adatszolgáltatás, statisztikai kimutatások, hatékonyságelemzés

A teljes műszaki adatnyilvántartás a telephelyekhez kötött technológiai fastruktúrára épül. A technológiai szintek azonosítására az erőműveknél alkalmazott KKS kódrendszer szolgál. Ez a kódrendszer lehetővé teszi a technológiák / berendezések gyors keresését, és bonyolult csoportosítású adatlekérdezések futtatását.

A műszaktervezést igyekeztünk sok automata / félautomata funkcióval segíteni illetve olyan tételes és naptári nézeteket generálni amelyek segítik a gyors áttekintést termódóstitást (6. ábra).

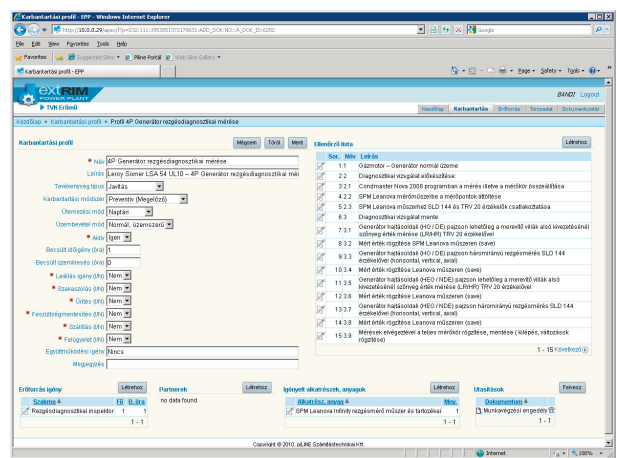


6. ábra. Műszakrend naptári nézetben

Gyakorlatilag egy mozdulattal lehet személyre szóló vagy telephelyi állományra vonatkozó műszakbeosztási terveket képezni. A tervező felületen meghatározhatunk saját műszakolási mintákat és szabályokat, amelyek alapján automatikusan generálódnak a következő havi vagy akár éves műszakrend. A tervezés során a rendszer figyeli a kötelező normatív órák betartását (munkaórák túllépése, túlórák száma)

Hasonló módon van kialakítva a karbantartás tervezési modul is. Itt is van tételes és naptári nézet. Különböző szűrési feltételek megadásával lehet kikeresni a szükséges tevékenységeket

Szinkódolással jelöljük a karbantartási tevékenység státuszát (pld. jóváhagyott, lezárt vagy túlhaladott állapot). A tervezés automatizmusát itt a karbantartási profil biztosítja – a tipizálható időszakos preventív tevékenységeket egy karbantartási profillal írjuk le (7. ábra).



7. ábra. Karbantartási profil

A profil meghatározza a tevékenységhez tartozó speciális követelményeket, erőforrás igényt, külső partner szolgáltatásait, szükséges alkatrészeket, anyagokat, kapcsolódó műszaki utasításokat.

Minden profilhoz tartozik egy ellenőrző lista is. A profilokból karbantartási csomagokat hozunk létre úgy, hogy meghatározzuk milyen berendezésekre milyen időszakkal kell alkalmazni azokat. A csomagok alapján automatikusan tudunk karbantartásokat generálni tetszőleges időintervallumra.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalásként felsoroljuk azokat a szempontokat, melyek véleményünk szerint kulcsfontosságúak egy üzemeltelt / karbantartást támogató informatikai rendszer létrehozásánál és bevezetésénél:

- Felhasználói követelmények precíz specifikálása
- Jogosultsági kérdések és a meglévő IT környezet korai felmérése, egyeztetése
- Műszaki nyilvántartás elsődleges szerepe
- Rendszerfunkciók beágyazása a vállalat folyamatirányításába
- Oktatás szerepe



[www.delta3n.hu](http://www.delta3n.hu)

**PdM-RBM Reliability Service TM**

A Delta-3N Kft. a PdM & RBM Remote - Karbantartási Tanácsadó Szolgáltatásai keretében segítséget nyújt az Állapotfüggő Karbantartási Programokhoz (PdM - Predictive Maintenance) és a Kockázat alapú Karbantartás (RBM – Risk Based Maintenance) bevezetéséhez, gyakorlatához. A fenti koncepciók szerinti karbantartás-szervezés megbízható információkat igényel a gépek állapotáról, valamint aktuális kockázati besorolásáról. Cégünk kulcsrakész megoldásokat ajánl, melynek középpontjában a forgógépek távoli off-line és on-line monitorozása áll.

Az alapszolgáltatás keretében szakembereink elhelyezik a szükséges vonalkódokat és mérőtuskókat a 3D-s rezgésvizsgálathoz, felépítik az adatbázisokat, elvégzik a méréseket, karbantartják a referencia adatbázist, a rendszeres archiválást, elemzik a méréseket.

Az alapszolgáltatás különböző módokkal bővíthető, statisztikai vizsgálatoktól a komplex állapotdiagnosztikai szolgáltatásokig.

A Delta-3N Kft. gyakorlott mérnökei segítik az ügyfelek állapotfelügyeleten alapuló karbantartási programjainak szakszerű bevezetését, működtetését és az eredmények mielőbbi hasznosítását. Ezek a gépfelügyeleti programok biztosítják a ráfordítások gyors megtérülését és a jelentős költségmegtakarítást.



**...műszaki diagnosztika felsőfokon!**

7030 Paks, Jedlik Á. u 2. Tel.: (+36 75) 510 115.  
e-mail: [drnagy@delta3n.hu](mailto:drnagy@delta3n.hu) web: [ugyfelkapu.delta3n.hu](http://ugyfelkapu.delta3n.hu)

# MODUL RENDSZERŰ REZGÉSDIAGNOSZTIKAI PRÓBAPAD FEJLESZTÉSE

Szabó József Zoltán\*

## BEVEZETŐ

A felsőoktatási intézményekben és az ipari gyakorlatban is komoly kihívást jelent, hogy az elsajátítandó ismeretanyag egyre növekszik, a gyakorlati oktatásra fordítható idő viszont egyre csökken. A mérnökök képzése és az ipari tréningek kapcsán is felmerül az igény, hogy a gyakorlati tudást gyorsan, hatékonyan és lehetőség szerint az elmélettel együtt lehessen átadni. Ezt a feladatot a legegyszerűbben bemutató eszközökkel a valóságot hűen tükröző modellekkel lehet megoldani.

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépészmérnöki Karán több évtizedes hagyománya van az állapotfüggő karbantartás és a műszaki diagnosztika oktatásának. A rezgésdiagnosztika komoly gazdasági előnyöket jelent a gépek üzemeltetésében. A rezgésméréssel olyan gépészeti problémákat, károsító hatásokat tanulmányozhatunk, amelyek a gép teljes üzemideje alatt hatnak az alkatrészekre. Felismerésükkel, megszüntetésükkel a gépek élettartama jelentősen meghosszabbítható, a hibák előrejelzésével a termelés folyamatossága biztosítható. Az általam kifejlesztett és az Óbudai Egyetem Géptan laborjában készített WibroShoW nevű berendezés egy rezgésdiagnosztikai próbapad, amely segítségével a forgógépek üzemeltetése során előforduló, rezgésekkel kapcsolatba hozható tönkremeneteli módok és azok eredete bemutatható, modellezhető, elemezhető. Ez egy olyan anyagi modell, amely az oktatásban kiváló szemléltető eszköz, de alkalmas lehet valóságos gépészeti folyamatok mélyebb vizsgálatára, magasabb szintű elemzésére is.

A WibroShoW demonstrációs eszközt egy speciális szaktudás oktatása érdekében készítettük. A régmúltban a legegyszerűbb mechanikai mozgások, a gravitáció, vagy az akár az embert körülvevő levegő nyomása, térfogata és hőmérséklete közötti összefüggések is misztikus, felfoghatatlan dolgok voltak. Minden tudósnak voltak azonban kísérleti berendezései, melyeken a vizsgált folyamatot akár többször is elő lehetett állítani. Az embert a világ megismerésének folyamatában mindig a közvetlen tapasztalat, majd az ebből eredő racionális okfejtés segítette és vitte előre az egyre bonyolultabb feladatok megoldásában.

A megismerés kezdete a tanulás, amely alatt ismeretszerzést végzünk. A tudományos kutatás a tanulás továbbfejlesztése, annak érdekében, hogy a mások által már

rendszerbe foglalt tudást konstruktívan felhasználva, egy új tudományos megfigyeléssel leírhatóvá tegyünk olyan jelenségeket, amelyek még sötét foltot jelentenek a tudomány térképén. Cikkemben a modellezést és az oktatás támogatását szeretném összekapcsolni, egy olyan berendezés bemutatásával, amely mind a kutatómunkában, mind a tanulási folyamatban nagy segítségére lehet korunk mérnökeinek.

## 1. GÉPÉSZETI RENDSZEREK MODELLEZÉSE

A mechanikai törvényszerűségeket csak tudatosan felépített fizikai megfigyelések és ezek alapján levont elméleti következtetések segítségével lehet felfedezni. A mérnöki tudományok egyik fontos sajátossága, hogy a kísérletezés és az elméleti összefüggések sajátos konfigurációjával, elegyével dolgozik.

A szakirodalom [1] szerint az anyagi világ megismerésének alapja a megfigyelés, amely három szintre tagozódik. A legalsó szint az egyedi megfigyelés, - amikor egy konkrét tárgyat figyelünk, mérünk, amelynek végén általában számszerű eredményt is kapunk – általános mérnöki tevékenységként fogható fel. A következő szint egy jelenség megfigyelése, amikor egy eseményt, folyamatot, jelenség csoportot figyelünk, elemzünk abból a célból, hogy az adott eseményre nézve általános következtetéseket tudjunk levonni. Ez a tevékenység már magasabb szintű kutatói, tervezői tevékenység, amelyet a köznyelvben kísérletezésnek nevezünk. A harmadik szint az alapjelenségek megfigyelése, amely a legmagasabb szintű tudományos megfigyelés, célja alaptörvények megalkotására általános érvényű összefüggések létrehozása.

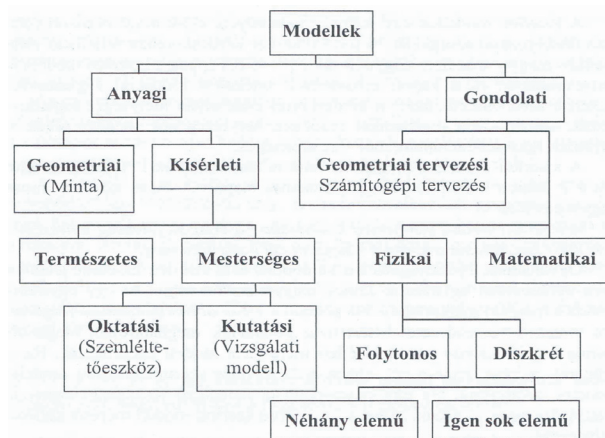
„A modell a valóság olyan egyszerűsített mása, ami a vizsgált jelenség és ezen belül a meghatározott cél szempontjából a valóságnak megfelelően viselkedik”. [1] A műszaki gyakorlatban a valóságos folyamatok rendkívül sokfélék, így az őket szemléltetni, vagy vizsgálni hivatott modellek is igen változatosak lehetnek. Az általam készített berendezés egy olyan géprezgés vizsgáló eszköz, amelyen képesek vagyunk szándékosan hibákat előállítani, majd a általuk gerjesztett rezgéseket diagnosztikai műszerekkel és módszerekkel vizsgálni. Így szemléltetni és elemezni tudjuk a különféle gépalkatrészek terhelés közbeni viselkedését. Annak érdekében, hogy a próbapadot el tudjuk helyezni a modellek rendszerében fordítsunk néhány szót a modellek felosztására, a modellekkel kapcsolatos fontosabb alapfogalmakra.

\*egyetemi tanársegéd, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet. e-mail: szabo.jozsef@bgk.uni-obuda.hu



A modellalkotás definíció szerint „az a tevékenység, amely a világ megismerési folyamatát segíti elő, újabb ismeretek megszerzését teszi lehetővé”. A különböző típusú modellek különböző feladatok megoldására használhatók, lásd 1. ábra. Elméleti megközelítés szerint a modellek alapvetően két fő típusra oszthatók fel:

- anyagi modellekre és
- gondolati modellekre



1. ábra. A műszaki tudományokban alkalmazott modellek csoportosítása [1.]

Az anyagi modellek fizikailag megvalósítottak, a háromdimenziós valóságban léteznek. Abban az esetben, ha ezek csak geometriailag hasonlítanak a valóságra, akkor ezek a geometriai modellek nem modellek, csak mintának tekinthetők.

Az anyagi modellek számunkra fontosabb csoportja a kísérleti modell, amelynek ismét két fajtája van: a természetes és mesterséges kísérleti modellek. A kísérleti modellek egy műszaki folyamat valamilyen, előre meghatározott célú tanulmányozását szolgálják. A kísérleti modell általában nem terjed ki a vizsgált jelenség egészére. Kialakítását mindig a konkrét vizsgálati cél határozza meg, így geometriailag sem minden esetben hasonló az eredeti szerkezethez. Amint látjuk ebbe a csoportba sorolhatók a mesterségesen előállított az oktatást segítő szemléltető eszközök, így a cikk tárgyát képező WibroShoW rezgésdiagnosztikai próbapad is. A rezgésdiagnosztikai kísérletekben általában mesterséges kísérleti modelleket használnak, azonban a modell nem minden esetben mesterségesen kísérleti célra előállított szerkezet, előfordulhat az is, hogy a kísérlet tárgya egy üzemszerűen termelő berendezés. Ilyenkor ezt ún. természetes modellnek tekinthetjük.

A modellek másik fő csoportját a gondolati modellek képezik, amelyek nem tárgyiasult, fizikailag megvalósított modellek, hanem csak kétdimenziós formában képiles, vagy matematikai formában léteznek. Azért tekintjük mégis modelleknek őket, mert alkalmasak a vizsgált jelenség viselkedésével kapcsolatos következtetések levonására.

Az előbbieken alapján megállapítható, hogy minden mo-

dell, ami digitális számítógépeken kerül alkalmazásra a gondolati modellek kategóriájába tartozik.

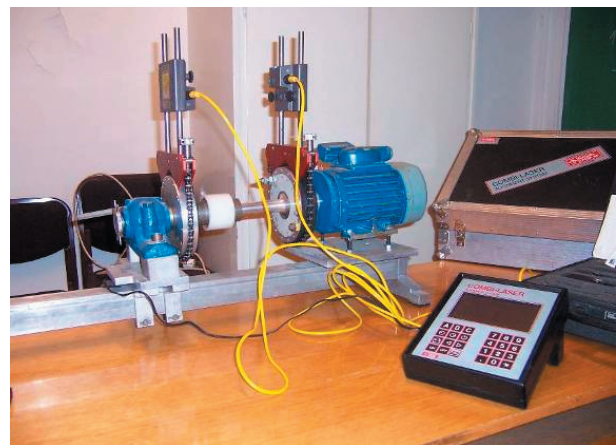
A gondolati modellek három csoportját különböztetjük meg:

- geometriai tervezési modellek,
- fizikai (mechanikai), és
- matematikai modelleket

A geometriai tervezési modellek nem tekinthetők modelleknek, mivel azok nem felelnek meg a modellekről alkotott definíciónak, és általuk nem ismerhető meg új ismeretanyag az anyagi valóságról. Ezek a modellek csak megjelenési formájukban hasonlítanak a valósághoz, hasznuk azért jelentős, mert előkészítői lehetnek pl. a végeelem modellezésnek, így nagyon fontosak a mérnöki tervezési munkákban. Fontosak továbbá a valóságot leíró, de azt képiles nem kielégítően reprezentáló modellekkel együtt jól használható, és jól demonstrálható modellek létrehozásában.

A fizikai (mechanikai) gondolati modellek azok, amelyek a valóság fizikai (mechanikai) viselkedését írják le annak megismerése céljából. A fizikai modellek matematikai felírásai, valamint a természettörvények közvetlen matematikai felírásai alkotják a matematikai modelleket. Meg kell még jegyezni, hogy a WibroShoW készülék nem csupán geometriai hasonlóságot mutat a valóságos gépszerkezetekkel, hanem egy-egy rezgésdiagnosztikai probléma – például egy rendszer sajátfrekvenciájának változása a kiegyensúlyozatlanság, vagy az alapozás csillapításának függvényében – differenciálegyenletekkel is felírható, majd rezgésméréssel a különféle változások elemezhetők. A próbapad használható olyan formában is, hogy egy elméletben megfogalmazott gondolati modell felállítását, szimuláció elvégzését követően a gondolati modell valóságos anyagi modelljén ellenőrizzük az általunk felállított hipotéziseket. [3.] A felhasználás módja a céltól függ, ebben is a próbapad univerzális tulajdonsága mutatkozik meg.

## 2. A WIBROSHOW REZGÉSDIAGNOSZTIKAI PRÓBAPAD LÉTREJÖTTÉNEK ELŐZMÉNYEI



2. ábra Az U-500 rezgésdiagnosztikai próbapad (1993)

Az Óbudai Egyetem jogelődjében a Bánki Donát Műszaki Főiskolán több évtizede foglalkozunk az állapotfüggő karbantartás és a műszaki diagnosztika oktatásával. [2.] Oktatjuk mindazon elméleti és gyakorlati ismereteket, amelyek segítségével a gépek meghibásodásai üzem közben, akár teljes terhelés mellett kimutathatók és az alkatrészek idő előtti tönkremenetele megelőzhető. A teljesség igénye nélkül a legfontosabb műszaki diagnosztikai módszerek a rezgésdiagnosztika, a zajmérés, a termográfia, az olajban lekopott részecskék vizsgálata, az olaj analízis, az ipari endoszkópia, valamint a korszerű gépbeállítási módszerek a helyszíni kiegyensúlyozás, a lézeres tengely és szíjbeállítás, stb. Büszkén mondhatjuk, hogy mindezen módszerek és a hozzájuk tartozó műszerek az oktatásban bemutatásra kerülnek. El kell azonban mondani azt is, hogy a korszerű eszközök képességeinek bemutatásához feltétlenül szükségesek olyan berendezések, amelyeken oktatni, tanulmányozni, elemezni lehet a különféle meghibásodásokat, tönkremeneteli módokat.

Erre a célra az évek során több megoldás is született. Az első ilyen szerkezet a 2. ábrán látható 90-es évek elején kifejlesztett U-500 fantázianévre hallgató próbapadunk. A próbapad a kor színvonalának megfelelt, csapágy-hibadiagnosztikát, egy- és kétsíkú helyszíni kiegyensúlyozást, lézeres tengelybeállítást és pálya-egyenesség mérést lehetett vele végrehajtani. Hordozhatósága révén sikerrel szerepelt az oktatásban, kiállításokon konferenciákon, segítségével például az SKF tanfolyamain, illetve az ország több egyetemén és főiskoláján tartottunk előadást. Hátránya, hogy ezt csupán bemutató eszközként lehet használni. Állandó fordulatszáma miatt a mérési eredmények nagymértékben függenek a felállítási helytől, gyakorlatilag a bemutatóhoz használt asztal határozza meg az aktuális rezgésjellemzőket.

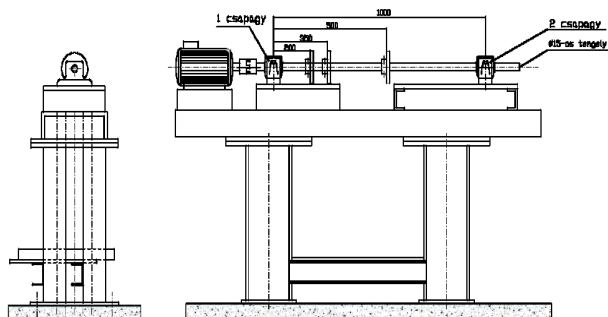
A problémák kiküszöbölésére és mélyebb diagnosztikai vizsgálatok igénye által 1996-ban készült el a 3. ábrán látható U-1000 diagnosztikai próbapad, amely (mint látható) olyan kísérletekre lett tervezve, amelyen valóságos gépészeti alkatrészeket lehetett vizsgálni. [2.] A próbapad tömege meghaladja a 300 kg-ot, frekvencia-

váltós 1,1 kW teljesítményű motorjával meghajtva már ipari méretű akár 1:1 arányú alkatrész modellezésre is alkalmas. A berendezést a mai napig használjuk, az évek során számos ipari megrendelés, szakdolgozat és TDK munka készült el a segítségével.

A berendezés legnagyobb előnye, hogy valóságos rendszerek vizsgálatára alkalmas. A teljesség igénye nélkül végeztünk már csapágy fárasztásos vizsgálatot többféle csapágytípusra, mértünk fogaskerék hajtóműveket, végeztünk tengely hajlító kritikus fordulatszám meghatározására szolgáló „Laval tengely” vizsgálatot, nem is beszélve a helyszíni kiegyensúlyozás, a tengelybeállítás, illetve a szíjrezonanciák vizsgálatáról. A próbapad rendkívül alkalmas hajtásláncok vizsgálatára és vázszerkezet vizsgálatokra. Számos rezonanciával, fellazulással, kiegyensúlyozással, tengely-beállítással kapcsolatos mozgás-animációs kísérletet hajtottunk végre, melyekből az évek során sok tapasztalatot szereztünk a különféle mechanikus és csapágyproblémák számítógépes szimulációjának témakörében is. [3.] A modell hátránya, hogy fixen telepített, nem mozdítható és minden kísérlet jelentős átépítéssel, új rögzítő és felfogató alkatrészek felszerelésével jár. Ez azt jelenti, hogy a már elkészült kísérleti összeállítást szét kell szerelni, amely sok esetben egész napos szerelési, beállítási munkát igényel. Az oktatás szempontjából nézve a próbapad kiváló lehetőséget adott a TDK és szakdolgozat kísérletek elvégzésére, azonban egy viszonylag kis területű laborban került telepítésre, amely korlátozza az órai bemutató méréseken résztvevők létszámát.

### 3. A WIBROSHOW REZGÉSDIAGNOSZTIKAI PRÓBAPAD TERVEZÉSI SZEMPONTJAI

A mikroelektronika és a számítástechnika rohamos fejlődésével a műszaki diagnosztikai műszerek és szoftverek is jelentős változáson mentek keresztül. Az egyre korszerűbb műszerek az oktatási és kísérleti eszközpark fejlődését is igényelték, így született meg egy olyan kísérleti modellező és bemutató eszköz létrehozásának az



3. ábra. Az U-1000 próbapad szerkezeti felépítése „Laval tengely” (bal oldali kép), illetve csapágy kifáradás és ékszíj rezonancia vizsgálatokhoz (jobb oldali kép) felszerelve (2002)



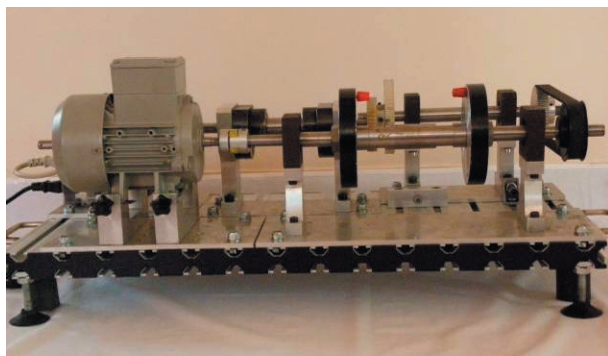
igénye, amely rendelkezik az eddig fejlesztett próbapadok jó tulajdonságaival és egyben kiküszöböli hátrányait is. Amint az előző fejezetben láttuk bizonyos tapasztalattal már rendelkezünk a rezgésdiagnosztikai próbapadok gyártásának és használatának területén, ezért az új WibroShoW modellel szemben támasztott követelményeket az alábbi szempontok szerint fogalmaztam meg :

- alkalmas legyen kísérleti modell és demonstrációs eszközként való használatra
- fontos a hordozhatóság, hogy az eszközt egy ember megerőltetés nélkül szállítani tudja,
- optimális geometriai méret és tömeg,
- megfelelően merev alaplemez,
- rugalmas, lágú és merev alapozással is rendelkezzen
- legyen alkalmas sokféle rezgésdiagnosztikai kísérlet és bemutató elvégzésére,
- legyen alkalmas más műszaki diagnosztikai eszköz bemutatására is,
- könnyű szerelhetőség,
- könnyű és gyors átalakíthatóság a különféle kísérletekhez és bemutatókhoz,
- rugalmasan fejleszhető legyen, ne keljen szétfűzni egy-egy új kísérlet megvalósításához,
- a fordulatszám fokozatmentesen állítható legyen,
- szabályozható legyen a felfutás és kifutás időtartama
- legyen tartós, korrózió mentes és esztétikus kivitelű
- a kezelő és a megfigyelők számára is biztonságosan üzemeltethető legyen

#### 4. A WIBROSHOW REZGÉSIDIAGNOSZTIKAI PRÓBAPAD BEMUTATÁSA

A vázolt szempontok figyelembe vételével egy állandó alaplemezzel rendelkező, modulokból felépíthető próbapad ötlete fogalmazódott meg. A méret és a tömegcsökkentés érdekében elsősorban alumínium alkatrészekben kellett gondolkodni, ennek azonban megfelelő merevséggel kell rendelkeznie a kísérletek során előforduló olyan erőhatásokkal szemben is, amelyeket például a forgó tömegek kiegyensúlyozatlansága okoz.

##### 4.1 A WibroShoW rezgésdiagnosztikai próbapad felépítése, kialakítása

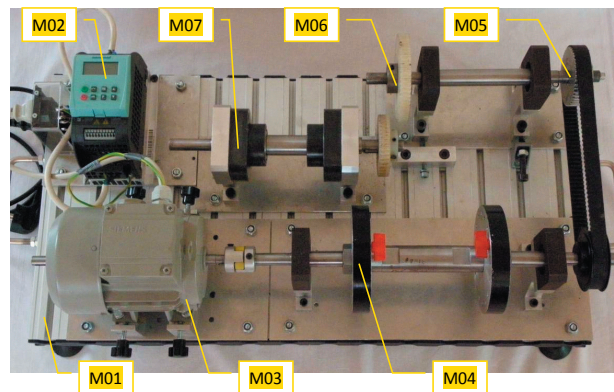


4. ábra. A WibroShoW rezgésdiagnosztikai próbapad

A 4. ábrán a próbapad felépítése kísérhető figyelemmel. Amint az látható, a tömeg és méret optimalizálásának problémájára a megoldást egy kereskedelemben kapható hornyokkal ellátott FESTO alaplemez jelentette, amely alapvetően pneumatikus alkatrészek és mechatronikai elemek összeépítésére szolgál. Ez az alkatrész a lelke a szerkezetnek, mert erre lehet minden modult felszerelni. Az egyes modulokat egy-egy saját alumínium lemezre „modul felfogató lapra” szereljük fel. A modulokat az alap lemez hornyjaiban speciálisan erre a célra kiválasztott csavarokkal, vagy horony anyákkal rögzítjük. Az így kialakított modul lemezek növelik az alaplemez merevségét is.

Ezzel a megoldással a próbapad új feladatra történő átépítése rendkívül egyszerű, mert az egyes modulok furatai a horonyozásnak megfelelően vannak kialakítva, így a modul bárhová felszerelhető és a horonyban a kívánt helyre csúsztatható. Mivel az alaplap mindkét oldalán vannak hornyok, így a modell talajjal való érintkezésének módját (a csillapítási tényezőt) is könnyedén meg lehet változtatni, amely a rezgések jellegét látványosan két rugalmas gumibakkal és egy merev lábbal lehet kísérletezni. A két legfontosabb modul a hajtómotor és frekvenciaváltó, melyek a modell mozgatását oldják meg. Sajnos a cikk terjedelme nem teszi lehetővé minden részegység részletes ismertetését, ezért a következőkben a próbapad műszaki adataira és az eddig elkészült modulokra szorítkozom, melyek az 5. ábrán kísérhető figyelemmel.

##### 4.2 A WibroShoW próbapad részegységei, főbb műszaki adatai



5. ábra A WibroShoW rezgésdiagnosztikai kísérleti pad alapkiépítésű moduljai.

Méret: 700 mm x 350 mm x 300 mm

Tömeg : 15 – 25 kg ( a kiépítéstől függően)

Hajtómotor teljesítmény: 180 W

Fordulatszám tartomány: 0 – 6000 f/perc

A próbapad részei és ezek legfontosabb feladatai:

M01 – Alaplap – lehetőséget teremt a modulok variálható konfigurációkban történő rögzítésére

M02 – Frekvenciaváltó modul – feladata a fordulatszám módosítása, szabályozása



M03 – Motor modul – feladata a forgó mozgás előállítása  
 M04 – Tengely-beállítási és dinamikus kiegyensúlyozási modul –kiegyensúlyozás, tengely beállítás  
 M05 – Ékszj-, fogazott szj-, és lánchajtás modul – komplex rezgés, zaj és termográfiai vizsgálat  
 M06 – Fogaskerék hajtás - fogaskerék hajtás komplex rezgés, zaj és termográfiai vizsgálat.  
 M07 – Csapágyhiba modul – multi-funkciós rezgés, zaj és termográfiai diagnosztikai vizsgálatok

- a csillapítás változtatásával aktív és passzív rezgésmentesítési módszereket lehet bemutatni,
- a rezgésmérés mellett termográfikus hőmérséklet mérésre és zajmérésre is alkalmas, így nem kell másik eszközt fejleszteni ezek bemutatására
- a diagnosztikai műszerek és szoftverek mellett a gépbeállító módszerek is demonstrálhatók,
- a próbapaddal végezhető kísérletek eredményei átül-tethetők az ipari gyakorlatba

### 4.3 A WibroShoW próbapad jellemzői, előnyei

A fejlesztés eredményeként tehát egy olyan készülék született, mely a rendelkezésre álló helyet maximálisan kihasználja. Megfelel a variálhatóság és könnyű átszerelhetőség igényének, valamint életszerű hajtáslánc kialakítások megvalósítását teszi lehetővé. Talán legfontosabb jó tulajdonsága, hogy a változtatható fordulatszámú hajtáshoz bármilyen újabb modul illeszthető, csak az áthajtást kell megtervezni. Gyakorlatilag egy soha véget nem érő fejlesztési potenciállal rendelkezik, mert az egyes modulokat külön-külön megtervezve és elkészítve máris egy teljesen új tulajdonságokkal rendelkező mérési összeállításra, kísérleti modellre tehetünk szert. A próbapadon elvégezhető legfontosabb rezgésdiagnosztikai vizsgálatok az alábbiak:

- jó és rossz csapágyak összehasonlító vizsgálata,
- tengelyek hajlító kritikus fordulatszámának vizsgálata,
- görbe tengely vizsgálata,
- kifutás és felfutás tranzien vizsgálatok,
- rezgéselnyelő talpak rezgéselnyelő képességének összehasonlító elemzése,
- fogaskerék hajtások rezgésmérése, bolygómű és csiga-hajtás rezgésdiagnosztikai vizsgálatai,
- ékszj, fogazott szj és lánchajtások üzemelésének, beállítási hibáinak vizsgálata,
- vázszerkezet rezonanciavizsgálata szinuszosan gerjesztett rezgésekkel,
- mozgás-animációs vizsgálatok az összes előzőekben felsorolt hibákra,
- forgórészek egy és kétsíkú helyszíni kiegyensúlyozása,
- lézeres tengelybeállítás, lézeres szjbeállítás, stb.

A próbapad felhasználói szempontból értékes tulajdonságai:

- a könnyű szerelhetőség miatt pillanatok alatt össze- és szétkapcsolható elemek segítségével hatásosan mutathatók be egyes alkatrészek meghibásodása, rezgésekre gyakorolt hatása
- könnyen demonstrálható a jó és rossz állapot közötti különbség,
- a fordulatszám fokozatmentes változtatása lassú és gyorsfordulatú hajtások modellezésére, vagy akár rezonanciában való üzemelésre is alkalmassá teszi,

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az WibroShoW próbapad 2010 szeptemberétől foglalja el helyét a Korszerű Diagnosztika tantárgy oktatásban az Óbudai Egyetemen. A próbapad segítségével a hallgatók elméleti tudásukat kiegészíthetik gyakorlati tapasztalatokkal. Saját méréseket végezhetnek, kísérleteket hajthatnak végre, TDK és diplomamunka keretein belül. Testközelből tapasztalhatják, hogy egy mechatronikai rendszer rezgéseire milyen hatással van egy kiegyensúlyozatlan rotor, egy rosszul beállított tengelykapcsoló, vagy egy „pittinges” csapágy. Megtanulhatják, hogyan lehet a károsító hatásokat üzem közben a rezgésspektrumok segítségével megjeleníteni, illetve dokumentálni. A próbapad nagy segítséget jelent az oktatóknak is, mert a modulrendszernek köszönhetően egy-egy gyakorlati órán akár többféle műszaki probléma bemutatására is sor kerülhet.

Szeretném még kiemelni, hogy az elkészült próbapad nem egyszerű oktatóeszköz, mivel alkalmas különféle meghibásodások kísérleti elemzése által új információk megszerzésére is, amelyet akár PhD képzésben is felhasználhatunk. A próbapadot hordozhatósága és jó kezelhetősége miatt ipari tréningekhez is ajánlom, remélem, hogy bemutatásával a diagnosztikával foglalkozó ipari szakemberek érdeklődését is sikerült felkeltenem. Bízom abban, hogy munkámmal hozzájárultam a rezgésdiagnosztika és a gépészmérnökök oktatásának magyarországi fejlődéséhez.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1.] Szerk. M. CSIZMADIA B., NÁDORI E.: Modellalkotás. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 2003
- [2.] SZABÓ J. Z.: A karbantartás és diagnosztika oktatása a BMF Bánki Donát Gépészmérnöki Karon. KAJAOK 2006 Országos Karbantartási Konferencia 2006.jan.26.-27. Budapest
- [3.] SZABÓ J. Z.: Gépészeti szerkezetek mozgás-animációs rezgésdiagnosztikai vizsgálata. Nemzetközi Gépész és Biztonságtechnikai Szimpózium BMF BDGBK Budapest, 2007.nov. 14.

# ALAK SZERINTI VÁLOGATÁS, MÉRETTŐL FÜGGETLENÜL

## SORTING BY SHAPE INDEPENDENTLY FROM GEOMETRICAL MEASURE

Szakál Zoltán Ph.D.

### ABSTRACT

*A new algorithm developed for sorting of planar figures by their shape is shown. The algorithm recognises the unique or approximately unique figures independently from geometrical measures and the complexity. The symmetry diagram defined originally for symmetry recognition is used for the sorting. A case study as the example of disassembled screws and spacers is demonstrated.*

**Kulcsszavak:** szimmetria felismerés, alakfelismerés, szimmetria-diagram

### 1. BEVEZETÉS

Az új algoritmus az eredetileg szimmetria felismeréshez definiált szimmetria-diagramnak a mérettől független, egyedi alaktulajdonságát [1-2] használja ki.

Szimmetria felismerésre többféle módszer található a szakirodalomban, amelyek legtöbbször a kontúron lévő pontpárok szakaszfelező merőlegeseinek, vagy a kontúr-érintők szögeinek az összehasonlításával keresik a szimmetriatengelyeket [3-7]. Nem használják ki azt a tényt, hogy a síkbeli alakzatok szimmetriatengelyei áthaladnak a súlyponton. Ezen a tételen alapszik a szimmetria-diagram definíciója [1-2], amelynek lépései:

- Az alakzat kontúrjának megadása (pl. digitalizált pontthalmaz koordinátái, pontok sokasága a kontúron).
- Az alakzat súlypontján átmenő egyenesekre egy-egy 0 és 1 közötti számot ( $0 < Z \leq 1$ ) határozzunk meg. A  $Z$  paramétert úgy definiáltuk, hogy  $Z=1$ , ha az egyenes éppen szimmetriatengely, és minél jobban közelít  $Z$  értéke 1-hez, annál jobban közelíti az egyenes a pontos szimmetriatengelyt.
- A súlyponton átmenő függőleges egyenesnek különböző szögekkel ( $0 < \alpha < 180^\circ$ ) való elforgatásai esetén a kapott  $Z$  értékeket diagramban ábrázoljuk. Az így kapott  $Z-\alpha$  diagramot neveztük szimmetria-diagramnak. A szimmetria-diagram segítségével tetszőlegesen sok zárt görbével határolt síkbeli alakzatok tulajdonságai vizsgálhatók [1-2]. A  $Z$  paraméter alkalmas a közelítő szimmetriák esetén a közelítés mértékének a számszerű megadására is [1-2].

\*Szent István Egyetem, Gépipari Technológiai Intézet, 2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. e-mail: szakal.zoltan@gek.szie.hu

Függetlenül attól, hogy a vizsgált alakzat szimmetrikus-e vagy sem, a szimmetria-diagram a síkbeli alakzatoknak egyedi alakjellemzője. Geometriailag hasonló, de különböző méretű alakzatok szimmetria-diagramja azonos, a közelítőleg hasonló alakzatok szimmetria-diagramja pedig közel azonos [2]. Ezt a tulajdonság alkalmas arra, hogy alak szerinti válogatásra használjuk a szimmetria-diagramot.

Az alak szerinti válogatás módszerét a következő fejezetben repülőgépekből szétszerelt kötőelemek sokaságának példáján mutatom be. Meg kell jegyezni, hogy a szimmetria-diagramot használó algoritmusok fejlesztéséhez sok segítséget jelentettek a hasonló gondolatmenettel bíró, geometriai, topológiai vagy morfológiai vizsgálatok céljára készített, korábbi, ismert algoritmusok, pl. sejtrendszerek topológiai, geometriai vizsgálatai [8-13], vagy részecskestruktúrák illetve síkbeli alakzatok alak szerinti minősítő vizsgálatai [14-16].

### 2. A VÁLOGATÓ ALGORITMUS

Az új válogató algoritmus néhány egyszerű lépésből áll:

- Az algoritmus indításához a vizsgált alakzatok kontúrjait kell megadni. A kontúrok pl. tetszőleges képdigitalizáló eljárással gyűjtött pontthalmazzal (pontkoordináták táblázata) adhatók meg. Az alakzatok bonyolultságára nincs korlátozás, az egyetlen feltétel az, hogy az alakzatok kontúrjai elkülönítve legyenek megadva (nem egymást átmetszve).
- Minden alakzatra meghatározzuk a szimmetria-diagramot.
- Az azonos vagy közelítőleg azonos diagramok részhalmazait szétválasztjuk.

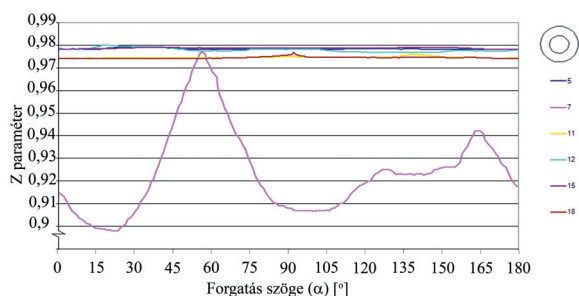
A működést egy esettanulmányon mutatom meg. Az első ábrán különböző méretű csavarok, csavaranyák, alátétek láthatóak. A piros vonalak a kötőelemek kontúrjait jelölik, amelyeket képdigitalizáló eljárással határoztam meg (MatLab segítségével). Az elemeket azonosítás céljából sorszámoztam.

Az egyes elemek szimmetria-diagramjainak meghatározása után a különböző alakú elemeknek megfelelő részhalmazok szétválaszthatóak. A 2. ábrán az alátétek diagramjai láthatóak. Mivel a kontúrok megközelítőleg körök, ezért a diagramokon  $Z$  értéke közel áll 1-hez. A 7. számú gépelem diagramja egyértelműen elkülönül a többitől.

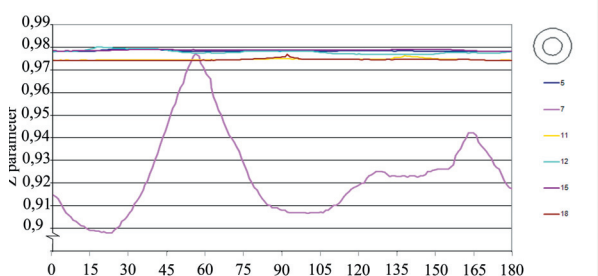
Ennek az elemnek a köralkattól való eltérését a 3D nézet síkbeli vizsgálata okozza. Itt említem meg, hogy az algoritmus eddig a síkbeli esetre van kidolgozva részletesen, a térbeli szimmetria- és alakvizsgálatok algoritmusai azonban a 2D eset után hasonló elven megoldható.



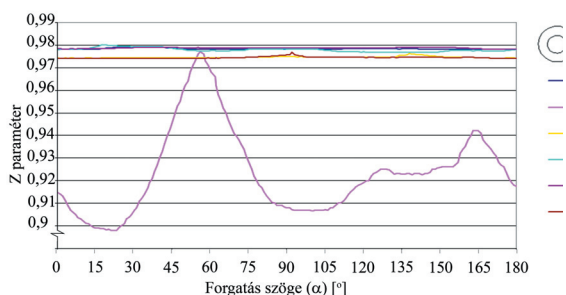
1. ábra. Különböző méretű szétszerelt kötőelemek és a képfeldolgozással meghatározott kontúrok



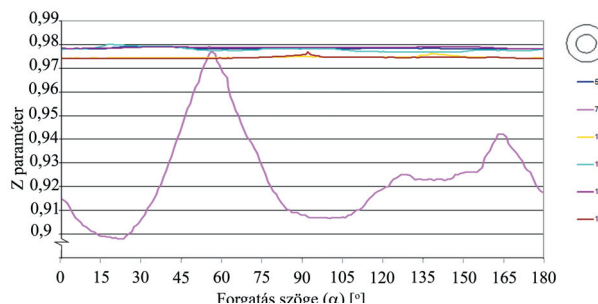
2. ábra. Az alátétek és a 7. sz. csavar szimmetria-diagramjai



3. ábra. A csavaranyák szimmetria-diagramjai



4. ábra. A csavarok szimmetria-diagramjai



5. ábra. A fej nélküli csavarok szimmetria-diagramjai

A 3. ábrán a csavaranyák szimmetria-diagramjai vannak elkülönítve. Hat lokális maximuma van a görbéknek, amelyek megfelelnek a hatszöges kontúr közelítő szimmetriatengelyeinek.

A 4. ábrán a csavarok szimmetria-diagramjait különítettük el. Ebben a csoportban találjuk a legnagyobb eltéréseket a görbék között. A görbék alakja hasonló, de meglehetősen nagy az eltérés a függvényértékek között, és valóban ennek megfelelően a csavarok alakjában is kisebb-nagyobb különbségeket találunk.

Az ötödik ábrán a fej nélküli csavarok szimmetria-diagramjait különítettük el. A két lokális maximum a (közelítően) téglalap alakú kontúr két szimmetriatengelyének felel meg.

A diagramok görbéi közötti eltérések nagyságának változtatásával szigorúbb, illetve kevésbé szigorú válogatási kritériumokat lehet beállítani. A görbék osztályozását célszerűen úgy lehet megoldani, hogy pl. adott sávba eső görbékkel rendelkező alakzatokat tekintünk közelítőleg hasonlóknak. Ebben az esetben természetesen a sáv szélesség jelenti a szigorúságát a válogatásnak.

### 3. ÖSSZEFOGLALÁS

Szétszerelt, ömlesztett kötőelemek válogatásának esettanulmányán mutattam meg, hogy a szimmetria-diagram alkalmas geometriailag hasonló vagy közelítőleg hasonló síkbeli alakzatok szétválogatására.

### SUMMARY

On a case-study of disassembled and mixed screws and spacers it was shown that the symmetry-diagram can be applied for sorting of unique or approximately unique planar figures.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka a K 73776 sz. OTKA pályázat támogatásával készült.



## HIVATKOZÁSOK

- [1] Z. Szakal, I. Zsoldos: The Symmetry-Diagram as a Tool of the Pattern Recognition, International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, Issue 4, Volume 2, 2008, p. 523-532.
- [2] Szakál Zoltán: Síkbeli alakzatok szimmetria tulajdonságai, PhD értekezés, Szent István Egyetem, Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Gödöllő, 2010
- [3] D. Shen, H. Ip, K. Cheung, E. Teoh, Symmetry detection by generalized complex (GC) moments: A close-form solution. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 21, 5, 1999, p. 466–76.
- [4] G. Loy, J. Eklundh, Detecting symmetry and symmetric constellations of features. In: ECCV 2006, Part II. LNCS, Vol. 3952. Springer-Verlag; 2006, p. 508–21.
- [5] N. Mitra, L. Guibas, M. Pauly, Partial and approximate symmetry detection for 3D geometry. ACM Transactions on Graphics, 25, 3, 2006, p. 560–8.
- [6] A. Martinet, C. Soler, N. Holzschuch, FX. Sillion, Accurate detection of symmetries in 3D shapes. ACM Transactions on Graphics, 25, 2, 2006, pp. 439–64.
- [7] M. Li, F. Langbein, R. Martin, Detecting approximate symmetries of discrete point subsets, Computer-Aided Design 40, 1, 2008, p. 76-93.
- [8] I. Zsoldos, A. Szász.: Appearance of collectivity in two dimensional cellular structures. Computational Materials Science, 15. 1999. p.441.
- [9] I. Zsoldos, P. Szendrő, J. Watson, A. Szász: Topological correlation in amorphous structures. Computational Materials Science, 20. 2001. p.28.
- [10] Gy.Vincze, I.Zsoldos, A.Szász: On the Aboav-Weaire law, J.of Geometry and Physics, 51. 2004. p.1-12.
- [11] T. Réti, I. Zsoldos: A possible extension of the Aboav-Weaire Law. Mater. Sci. Forum, Vol. 473-474, 2005, p.389-398.
- [12] T. Réti, I. Zsoldos: Simulation of 3-Dimensional Cell Population Growth Processes in Polyhedral Cellular Systems, Mater. Sci. Forum, Vol. 537-538. 2007. p. 579-590.
- [13] I. Zsoldos, T. Réti, A. Szász: On the topology of 2D polygonal and generalized cell systems, Computational Materials Science, Vol. 29. 2004. p.119-130.
- [14] T. Réti: Mikroszkópos részecskék alakjának minősítése, Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat, Vol. 116. No. 12. 1983. p. 549-557.
- [15] Z. Gácsi: Sztereológia és képelemzés, Well-Press Kiadó Kft., 2001.
- [16] T. Réti, I. Czinege: Shape characterization of particles via generalized Fourier analysis, Journal of Microscopy, Vol. 156. 1989. p. 15-32.

---

# KARBANTARTÁS HATÉKONYSÁG MONITOROZÁS A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

*Wolf Gábor\**

A Karbantartás Hatékonyság Monitorozás (KHM) elsődleges feladata az atomerőművi rendszerek és berendezések biztonsági funkciójának ellátásának igazolása, valamint ebből adódóan másodlagosan a karbantartási és üzemeltetési költségek optimalizálása annak figyelembe vételével, hogy az atomerőmű biztonsági színvonala ne csökkenjen. Ennek gyakorlati megvalósítása speciális vállalatirányítási IT rendszerek megfelelő alkalmazásával, fejlesztésével, rendszer- és berendezés felelősi valamint elemzői tevékenységeken keresztül valósul meg.

---

\*Dunaújváros, KHM Koordinátor PA Zrt.

# KARBANTARTÁS A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

## MAINTENANCE IN THE PAKS NUCLEAR POWER PLANT

Zsoldos Ferenc\*

### ABSTRACT

*Maintenance is one of the most interesting part of operating a nuclear power plant. There are lots of factors behind a decision about a maintenance strategy. It is a complex engineering work to keep the balance between over maintaining and under maintaining of equipments or systems. This article try to introduce the activities in the Paks Nuclear Power Plant.*

Az atomerőművek karbantartása komoly kihívást jelent szerte a világon minden ott működő karbantartó szervezet számára. Az alapvető cél az erőmű biztonságos és hatékony működése, amelynek szerves része a karbantartás. A karbantartás tevékenységét alapvetően a rendelkezésre állás biztosítása jelenti, a berendezések üzemelési megbízhatósága egyben a záloga a folyamatos termelésnek, értelem szerűen az éves üzleti terv teljesíthetősége múlik a karbantartáson. Természetesen fontos tényező egy ország energiaellátási stratégiája is, amely ily módon meghatározza azt is, hogy milyen rendelkezésre állás várható el egy atomerőműtől. Ebből a szempontból a világon több stratégia is érvényesül. Kiemelhető az Egyesült Államok erőműveinek stratégiája, ami a lehető legnagyobb termelést ösztönzi a biztonság elsődlegessége mellett. Ellenpéldaként állítható Franciaország, ahol a 90-es évek végéig az atomerőművek rendelkezésre állása nem volt olyan kiemelkedő fontosságú, mint például a példaként hozott USA-ban. A teljesítmény kihasználási tényezők vonatkozásában a francia erőművek nem voltak a világ élvonalában, ez megmutatkozott a karbantartásban is. A főjavítási hosszok hosszabbak voltak, mint a hasonló korú, bár más típusú erőművekben. Később beindult a fejlődés, amikor stratégia váltás történt és az olcsón előállítható villamos energiára volt szükség, és az atomerőművek előtérbe kerültek.

A fenti tényezők jól jelzik, hogy mennyi befolyásolási lehetőség van egy optimális karbantartási stratégia kialakításakor. A nemzetközi szervezetek is foglalkoznak, foglalkoztak ezekkel a kérdésekkel, több NAÜ ajánlás is készült a karbantartás optimalizálás tárgyában. Az Országos Atomenergia Hivatal is foglalkozik a karbantartás témakörével, több útmutató is rendelkezik a végrehajtás szabályozásaként.

A Paksi Atomerőmű karbantartási stratégiáját levezet-

hetjük a minőségi munkavégzés követelményeiből, a karbantartás ezen elemei hogyan befolyásolják a berendezések és rendszerek rendelkezésre állását. Ha sorba vesszük, akkor az alábbi tényezők alapvetően meghatározzák a munka minőségét:

- a képzett munkaerő,
  - alapképzés,
  - szinten tartó képzés,
- a karbantartási technológiák,
  - elelegendően részletes,
  - minőségellenőrzési tervek a technológiához csatolva,
- a karbantartás végrehajtási dokumentációk,
  - munkautasítás, munkautasítás feladat,
  - műszaki döntési lap,
- a karbantartás dokumentáltsága,
  - ténymegállapító jegyzőkönyvek,
  - minősítő jegyzőkönyvek,
  - életrajzi információs adatalap,
- a karbantartó eszközök, szerszámok
  - telepített és mobil eszközök

Vegyük sorba a fenti elemeket és ezen keresztül vizsgáljuk meg az atomerőmű karbantartási modelljét, stratégiáját.

A legfontosabb a képzett munkaerő. Az atomerőműben az új belépők egy alaptanfolyamon vesznek részt, majd ezután az egyes szakmákhoz kerülnek a szakma specifikus képzéseken kell, hogy megfeleljenek. Amennyiben a képzést sikeresen elvégzi a dolgozó, akkor önállóan munkára bocsájtható, addig csak felügyelettel dolgozhat. Az éves szinten tartó képzések segítenek az ismeretek frissen tartásában, az elméleti és gyakorlati képzés megvalósításában. Ezekben a képzéseken térünk vissza a karbantartási nem megfelelősegek bemutatására, a hibák ismételt előfordulásának a megelőzésére. Itt eljutunk a sokszor szlogenként használt „tanuló szervezet” kifejezéshez, ami egy atomerőmű esetén alapvető jelentőségű. A „tanuló szervezet” alapelve az, hogy elkövethetünk hibát karbantartás közben, de ne ismétlődjön ez a hiba. Felhasználjuk a külföldi erőművek tapasztalatait is, valamint az erőmű tagja egy nemzetközi szervezetnek is, amelyik a karbantartási tapasztalatcserével foglalkozik. A karbantartási stratégia alapvetően a ciklikus karbantartásra épül, amit a berendezések biztonsági osztályba sorolása nagyban befolyásol. Az állapotfüggő karbantartás keretében is kiterjedt munkavégzést folytatunk, alapvetően a diagnosztikai eszközök révén szerzünk in-

\*karbantartási igazgató, Paksi Atomerőmű ZRt.

formációkat a berendezésekről és ehhez igazítjuk a karbantartási tevékenységeket. A forgógépeknél kiterjedt rezgésdiagnosztikával ellenőrizzük a berendezéseink állapotát, olajanalíziseket végzünk a turbina olajrendszeren, a transzformátor olajoknál rendszeres hibagázanalízist végzünk, ultrahangos tömörtelenség ellenőrzést végzünk a nyomáspróbák alatt ill. hibakereséskor. Az infravörös hőkamerás ellenőrzések főleg a villamos területen elterjedtek, de más lehetséges hibahelyeken is hajtottunk már végre ilyen vizsgálatot.

Nagyon lényeges az optimum megtalálása ebben a rendszerben, néha a kevesebb karbantartás okoz nagyobb költséget, termelés kiesést. A túlkarbantartás viszont meglehetősen költséges. Ebben a helyzetben kell egyensúlyoznia a karbantartó szervezetnek, ahol meg kell találni azt az optimumot, amivel a berendezések, rendszerek rendelkezésre állása a legmagasabb.

Minden munkát nagyban befolyásol az előkészítés, a műszaki háttér gondolkodásának magas színvonala. Ehhez kapcsolódik még az az eszköz, amelyen keresztül a karbantartás irányítása megvalósítható, a végrehajtás követhető. Az atomerőmű a Passport szoftver AS6 nevű verzióját használja, mint munkairányító rendszert. Ez a rendszer széles körben elterjedt, az USA erőművei szinte kivétel nélkül ezt a szoftvert használják a karbantartási munkák dokumentálására. 2005 végén vezettük be az akkor még Passport-nak hívott munkairányító rendszert ill. ekkor cseréltük le a régi rendszerünket erre. Ebben a rendszerben tervezzük a megelőző karbantartási állományt, itt tervezhetők a munkautasítások, amelyek alapküldeménye a végrehajtásnak. A rendszer jól letisztult mára, a gyerekbetegségeit kijavítottuk. A rendszerben tervezett munkautasítások révén követhető a végrehajtás menete, tervezhetők a főjavítások és az egyéb javítási tevékenységek. A végrehajtás másik lényeges dokumentuma a Műszaki Döntési Lap (MDL), amely a karbantartás közben keletkezett, a technológiától eltérő hibák kezelésére szolgál. Az MDL-t a berendezés mérnökök veszik fel, egyeztetik a karbantartás végrehajtóval és az üzemeltetővel, ezután pedig megtervezik a döntés végrehajtásához szükséges munkautasításokat. Az egyes feladatokat, a munkautasításokat a blokkvezénylőkben az üzemeltető személyzet engedélyezi, mert a feladatok végrehajtásához üzemviteli feltételek szükségesek többnyire. Ezek általában nyomásmentesítés, ürítés a

csővezetéki rendszereken és edényeken, kiszakaszolás, kikötés, bénítás a villamos jellegű beavatkozásoknál, és még lehetne sorolni a különböző előírásokat.

Rendkívül lényeges eleme a karbantartásnak az elvégzett munka dokumentálása. Ehhez segítséget nyújtanak a kötött formátumú karbantartási-, minőségellenőrzési jegyzőkönyvek. Ezek lehetnek ténymegállapító jegyzőkönyvek (pl. egy berendezés szétszerelése után előkerülő meghibásodás jegyzőkönyvezése), de lehet minősítő jegyzőkönyv (pl. egy csővezetéki rendszer nyomáspróba jegyzőkönyve, ami az előírt kritériumhoz képest sikeres vagy sikertelen).

Alapvető az életrajzi információs adatlapok pontos kitöltése, mivel ezen szerepel a karbantartási munkákhoz kapcsolódó összes jellemző adat, úgy mint a meghibásodás jelleg, javítás módja, cserélt alkatrészek stb. Ezeket az adatokat a berendezés felelősök visszatöltik a munkairányító rendszerbe és életrajzi adatokként tárolják.

A karbantartó eszközök és szerszámok szintén alapvető elemei a stratégia megvalósításának. Nagy gondot fordítunk arra, hogy a megadott költségeken belül mindig a lehető legmegfelelőbb technikát használjuk a hagyományos szerszámok mellett. Több berendezést közös fejlesztésben állítottunk elő a külsős partnereinkkel, ezek zömmel csavarhúzó gépek a különböző berendezésekhez.

Természetesen mérjük különböző mérőszámokkal a karbantartás teljesítményét. Ezek a KPI (key performance indicators – alapvető teljesítmény mutatók) és BMR (biztonsági mutató rendszer) mutatókon keresztül. Ezek a mutatók mind a mennyiségi mind a minőségi jellemzőket értékelhetővé teszik.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy a Paksi Atomerőmű a külső beszállítóival együtt megfelelő színvonalon hajtja végre a karbantartási munkákat. A 2009. évben a négy blokkra vetítve 89%-os volt a rendelkezésre állás, ami világviszonylatban is megfelelő eredménynek számít.

## SUMMARY

*Paks NPP maintenance was successful in 2009, the production was the highest so far and the average reliability of the units was 89%, which is proper comparing to the world results.*



# VIRTUÁLIS GÉPHASZNOSULÁSI JELLEMZŐK

## VIRTUAL MACHINE UTILIZATION CHARACTERISTICS

Zsoldos Ibolya Ph.D.\* Janik József DSc.\*\*

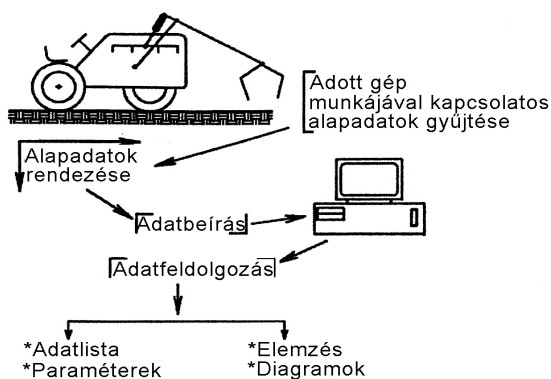
### ABSTRACT

We intend to present a case-study in our paper that the investment strategy of high-value machines providing near the same task what effect has got onto the company profit taking into account the machine-maintenance changes caused by the time-horizon. We refer to that the suboptimum can be determined based on the data of machines to be compared in pairs, the important economicalness information from the standpoint of choosing machines has got a meaning in preparing the company machine investment decision.

**Kulcsszavak:** megbízható alapadatok, optimális gép-élettartam, gépfenntartási érzékenység, gazdaságos géphelyettesítés, transzformációs operátor, szuboptimum, mint a stratégiai döntések alapvető paramétere.

### 1. BEVEZETÉS

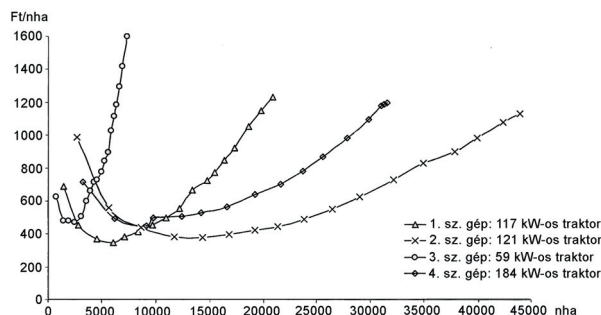
A gépek páronkénti összehasonlíthatóságának alapjait a már korábbi időszakokban közreadott szakirodalmaink [1., 2., 3., 4.] tartalmazzák, melyeknek vállalatokra vonatkoztatott lényege az energiaáramlási és szabályozási mérlegegyenletek. A modell nagyüzemi alkalmazásának tapasztalatai bizonyították, hogy az általa meghatározott paraméterek (pl. gépüzemviteli, – gépfenntartási karakterisztikák stb.) alkalmasak gépek műszaki-ökonomiai szempontok szerinti összehasonlítására, így a vállalat számára gazdaságosabb gép kiválasztására. Az alapadatok felvételi és feldolgozási folyamatát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

\*Széchenyi István Egyetem, tanszékvezető, e-mail: zsoldos@sze.hu

\*\*Szent István Egyetem, professzor emeritus



2. ábra

A 2. ábrán négyféle gyártmányú traktor gépüzemviteli költségeinek változását tüntettük fel az általuk elvégzett munka függvényében (nha=normal hektár, 1nha=25,315 kWh). A görbék jellegéből következtetni lehet: az optimális élettartamra, a gépfenntartási érzékenységre, a megbízhatóságra azaz a vállalat számára kedvezőbb gép kiválasztására.

Az utóbbi kutatásaink eredménye révén kiegészítettük rendszerelméleti modellünket egy úgynevezett transzformációs operátorral.

Ezen tényező felhasználásával egy kiválasztott alapgép által végzett tevékenységet számítógépes szimulációs folyamatban végeztetünk el egy másikkal, amelyet praktikus virtuális gépnek neveztünk el. Az időhorizonra vetített gépüzemviteli karakterisztikák összehasonlítása révén a szuboptimum a döntéshozók számára objektív alapot ad a nagyobb nyereséget hozó stratégia kiválasztásához.

### 2. A FELADAT MEGOLDÁSÁNAK MÓDSZERE ÉS ESZKÖZEI

A kutatás módszere részben elméleti, részben gyakorlati jellegű. A feladat összetettségéből és sokrétűségéből adódóan alapvető módszernek az analízist és a szintézist tekintettük. Az input-output modell felépítése, illetve továbbfejlesztése során rendszerelméleti alapon határoztuk meg a figyelembe veendő tényezőket, valamint az elemek közötti kapcsolatot és heurisztikus módon az azok közötti matematikai funkciót. Az adatok értékeléséhez a matematikai statisztikát, valamint a függvényanalízist alkalmaztuk.

### 3. VIZSGÁLT GÉPEK ADATAI ÉS JELLEMZŐ PARAMÉTEREI

A vizsgálatba vont gépek száma 60 (traktorok, kombájnok, járva szecsakázók), üzemeltetési idő 13-16 év. Az elemzés során mintegy 25000 adatot dolgoztunk fel. Adatfeldolgozás során a saját fejlesztésű számítógépes szoftvert használtuk fel.

A fontosabb alapadatok a következők: végzett tevékenység, felhasznált hajtóanyag, felhasznált kenőanyag, karbantartási költség, javítási költség, javítási anyagköltség, munkabér, egyéb költségek.

Az adatok megfelelő rendezése és feldolgozása után a szoftver segítségével olyan paraméterek határozhatók meg, amelyek objektív lehetőséget adnak az adott gép műszaki-ökonómiai jellemzésére, illetve egy úgynevezett gépüzemviteli karakterisztika meghatározására. (l. 2. ábra)

Főbb paraméterek a következők: összes produktum, összes ráfordítási költség, összes javítási, karbantartási költség, különböző fajlagos költségek.

A teljesség céljából a 2. ábra karakterisztikáinak elemzése során a következőket célszerű kiemelni.

A vállalat számára az a legkedvezőbb gép, amelyik a legkisebb fajlagos költséggel dolgozik.

A gép megbízhatóságára és fenntartás érzékenységére indirekt módon következtethetünk a karakterisztikák meredekségéből. Ennek megfelelően a 3. sz. traktor minősíthető a legkedvezőtlenebbnek, a 2. sz. traktor pedig a legjobbnak az összes tényezők figyelembe vételével.

A selejtezés érzékenység megítélésekor azt kell vizsgálni, hogy az optimum környezetében hogyan viselkedik az adott gép karakterisztikája. Ugyanis azok a gépek, amelyeknek a „fajlagos üzemviteli költség” görbéje hirtelen közelíti meg a minimumot és utána pedig hirtelen felemelkedik, mint például a 3. sz. traktor görbéje, ezért kedvezőtlen a vállalat számára, mert viszonylag gyors intézkedést igényel a vállalat részéről. Ezért a vállalat számára azok a gépek előnyösek, amelyeknek az üzemviteli karakterisztikája az optimum környezetben elnyújtott jellegű. Ilyen esetben ugyanis akár több év is rendelkezésre állhat az új gép vásárlására, illetve a régi selejtezésére. A tőke kedvezőbben hasznosítható más területen.

Fontos kérdésként vetődik fel, hogy bizonyos szempontok alapján kiválasztott gép (alapgép) milyen hasznosulási szinten helyettesíthető egy másik géppel (úgynevezett virtuális géppel)? E kérdés megválaszolására a Zsoldos-Janik féle transzformációs operátor ad lehetőséget.

### 4. TRANSZFORMÁLT GÉPHASZNOSULÁSI KARAKTERISZTIKÁK

A transzformált géphasznosulási karakterisztika (továbbiakban TGK) objektív ökonómiai következtetésekre azonos peremfeltételek teljesülése esetén ad egyértelmű

információt, azaz teljesül az összemérhetőség következő feltétele:

- a 2. ábrán bemutatott gépüzemviteli karakterisztikák a Zsoldos – Janik féle számítógépes modell szerint kerültek meghatározásra,

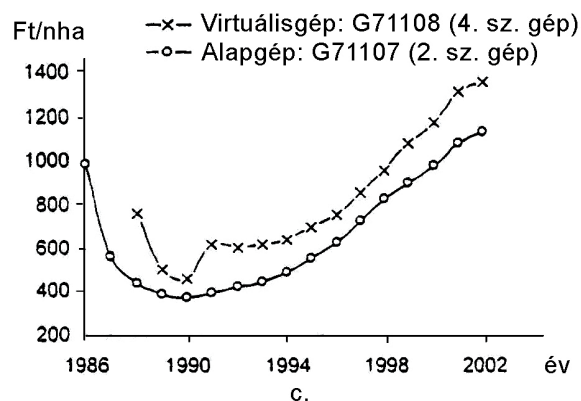
- az összehasonlításra kiválasztott gép-pár kvázi azonos munkafeladatokat lát el,

- a helyettesítésre kiválasztott gép (alapgép) és a virtuális gép üzemeltetési ideje azonos intervallumot öleljen fel.

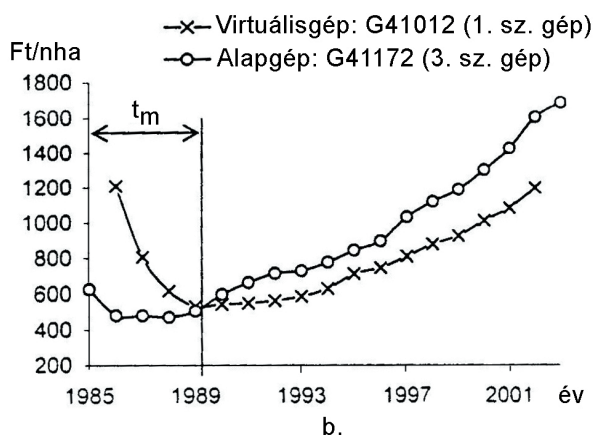
A feltételek teljesülése esetén a virtuális gép adattáblázatából képezzünk egy úgynevezett transzformációs operátort:

$$\bar{\Delta} = [\Delta(t_1), \Delta(t_2), \dots, \Delta(t_N)]$$

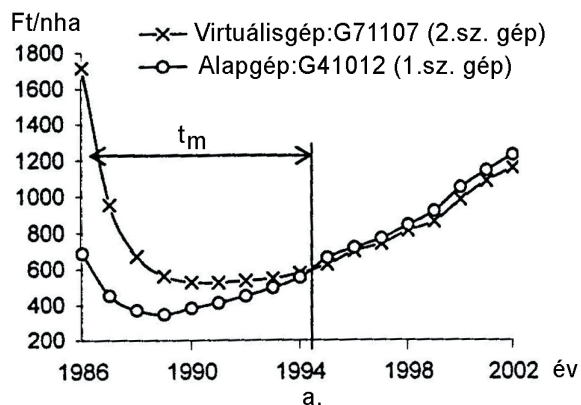
ahol a  $\Delta(t_i)$ -k az adott gép éveikhez tartozó mutatók (paraméterek) multiplikatív tényezői. A transzformációs operátort alkalmazzák az alapgép által végzett munkára. Eredményeképpen arra kapunk objektív mérőszámokat, hogy milyen költség szinten dolgozott volna a virtuális gép a kiválasztott alapgép környezeti körülményei között. A számadatokból összehasonlító diagramokat készítünk, amelyeket az alapgép és virtuális gép összehasonlító karakterisztikáinak nevezünk, 3. ábra.



3.a. ábra



3.b. ábra



3.c. ábra

A 3. ábrán azt szemléltetjük, hogy a 2. ábrán bemutatott 1-es, 2-es; 1-es, 3-as; és 4-es, 2-es erőgépek páronkénti összehasonlítása milyen következtetésekre ad lehetőséget. A 3.a ábra egyértelműen mutatja, hogy hosszútávú üzemeltetés esetén a végeredményt tekintve nincs különbség a két gép között, hiszen a két üzemviteli karakterisztika metszéspontján ( $t_m$ ) túli üzemeltetés esetén szinte azonosak a ráfordítási költségek. A beruházót azonban elgondolkodásra kell késztesse az, hogy az alapgép jelentősen kisebb beruházási költséget igényel, mint a virtuálisgép. A  $t_m$ -nél levő szuboptimum tehát markánsan figyelmeztet a hosszútávú stratégiai döntések fontosságára.

Jellegzetes esetet mutat a 3.b ábra. Ugyanis határozott különbség van a két üzemviteli görbe között a metszéspont ( $t_m$ ) előtt is és utána is. Ilyen esetben a gazdaságossági stratégia a következő: ha a várható üzemeltetési idő  $t_m$ -nél nem nagyobb (illetve annak közelében van) a 3. sz. gépet választja, hiszen jól látható az indulási költségeknél, hogy a 3. sz. gép beruházási tőke igénye jelentősen kisebb, mint az 1. sz.-é. A megtakarítás jelentős, amelyet más jövedelmezőségi befektetéssel kedvezően hasznosíthat a vállalat. Abban az esetben azonban, ha a várható üzemeltetési idő  $t_m$ -nél jóval nagyobb, akkor az 1.sz. gép beruházása mellett dönt.

A 3.c ábra azt a különleges esetet mutatja amikor teljesen nyilvánvaló, hogy a 4. sz. virtuális gép nem lehet stratégiai alternatívája a 2. sz. alapgépnek.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az általunk kidolgozott modell szolgáltatja a műszaki-ökonomiai paraméterei igazolják, hogy a Zsoldos-Janik féle számítógépes gépüzemviteli szakértői rendszer üzemi alkalmazása megalapozott, objektív információkat szolgáltat a különböző típusú nagyjártékú gépek tervezőinek, gyártóinak, értékesítőinek és üzemeltetőinek egyaránt. A szakértői rendszert a következő főbb matematikai összefüggések alkotják.

1.) a folyamat anyagáramlási (energiaáramlási) mérlegegyenlete,

$$x(t_N) = x(t_0) + U(t_0, t_N) - Y(t_0, t_N) \pm K(t_0, t_N)$$

2.) a folyamat szabályozási mérlegegyenlete,

$$\Delta V(t_0, t_N) = V_{Kf}(t_0, t_N) - V_{Kr}(t_0, t_N)$$

amely praktikusan lehet a célfüggvény, mint a folyamat nyeresége, és ez akkor maximális, ha a ráfordítások – bizonyos peremfeltételek esetén – minimálisak, azaz

$$k_r = \frac{V_{Kr}(t_0, t_N)}{T} \rightarrow \min$$

3.) a folyamat transzformációs operátora,

$$\bar{\Delta} = [\Delta(t_1), \Delta(t_2), \dots, \Delta(t_N)]$$

## SUMMARY

The technical-economical parameters provided by the model developed by us prove that the operating use of the Zsoldos-Janik computer machine operation expert system is established, it provides objective informations for the designers, manufacturers, sellers, operators alike, of different types, expensive machines.

The following main mathematical equations constitute the expert system:

a. The material-flow (energy-flow) balance-equation of the process:

$$x(t_N) = x(t_0) + U(t_0, t_N) - Y(t_0, t_N) \pm K(t_0, t_N)$$

b. The control balance-equation of the process:

$$\Delta V(t_0, t_N) = V_{Kf}(t_0, t_N) - V_{Kr}(t_0, t_N)$$

Which can be practically the target function, as the profit of the process, and this is then maximum if the expenditures – in case of certain boundary conditions – are minimum, that is

$$k_r = \frac{V_{Kr}(t_0, t_N)}{T} \rightarrow \min$$

c. The transformation operator of the process

$$\bar{\Delta} = [\Delta(t_1), \Delta(t_2), \dots, \Delta(t_N)]$$

## IRODALOM

- [1.] JANIK J.: Mezőgazdasági vállalatok gépfenntartásának rendszerelméletű irányítása, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979.
- [2.] JANIK J.: Mezőgazdasági gépfenntartás rendszer-szemléletű tervezése, MTA doktori értekezés, Budapest, 1980 (MTA Könyvtár).
- [3.] JANIK J., ZSOLDOS I.: Gépek komplex minősítési rendszere. Gépgyártás, 2001. április
- [4.] ZSOLDOS I., JANIK J.: Mezőgazdasági erőgépek selejtezésének, illetve hasznosulásának vállalati jellemzői. Előadás: MTA-AMB XXX. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, 2006. jan. 24.



# CONTENTS

1. *Baksai G.; Kungl I.; Nagy I.; Pap N.:*  
**Introduction of e-maintenance system and its results in the field of rotating machine condition monitoring ..... 3**  
*Paper describes the structure and working of the PdM & RBM Advisory System developed and operated by Delta-3N Ltd. The introduced system is suitable for storing and common evaluating the results came from complex diagnostic inspections.*
2. *Baksai G.; Csete L.; Nagy I.; Pap N.; Kertay N.:*  
**Synthesis of advisory system for predictive and risk based maintenance.... 10**  
*Article shortly presents the software developments which were elaborated for information supply of the predictive and risk based maintenance systems. The primary goal of the developments was to integrate the results originated from different on-line and off-line diagnostic inspections into a common control system.*
3. *Deszpoth I.; Barna B.; Kundrák J.; Szűcs J.:*  
**Modernising renewal of piston pumps with DIAMANT polymer covering ...16**  
*Authors successfully renewed various piston pumps using the technology had been elaborated in the University of Miskolc. The method is based on application of a castable industrial resin made by DIAMANT, with which a wear resistant particle reinforced composite layer can be produced on the worn surface pairs.*
4. *Doboviczki I.:*  
**Effective condition survey of machine bases and load carrying structures by ODS examination ..... 20**  
*The ODS or motion model visualises the movement of assign points of a given structure. In case of fulfilling certain conditions the model can more effectively be used for condition survey of machine bases and load carrying structures than the rivalling analyses. The motion model was successfully applied by MOL as well.*
5. *Gergely M.:*  
**Appearance of warning frequencies in slow revolution driving gears ...25**  
*Sliding phenomenon in contact of gears causes remaining damage which can be indicated by vibration analysis. Appearance of the so called subharmonic and the repeating frequencies can give serious trouble to the driving, even in the slow and ultra-slow rpm intervals.*
6. *Izsák Gy.:*  
**Teaching importance of measuring technique in education of mechanical engineers with special regard to maintenance specialisation..... 30**  
*At the College of Dunajváros all the conditions are available to extension of teaching the measuring technique. According to the author's standpoint it is decisively important, that in the educational institutes the measuring technique should become favourite object of students and correct use of its methods should well be taught. This principle is especially valid for mechanical engineers specialised for maintenance.*
7. *Juhász D.; Balogh A.:*  
**Effects of pulsed energy input on resistance spot welding .....32**  
*Authors summarise the characteristics of pulsed energy input for resistance spot welding, outline the technological effects of its application. Conclusions drawn from theoretical considerations are validated by experimental way using unlimitedly weldable mild steel and a high strength steel requiring controlled heat input.*
8. *Kertay N.:*  
**On-line and on-site oil condition and machinery monitoring systems.....38**  
*Last years the demand on the on-line and on-site lubricants and fuel analysis was grown rapidly and sharply worldwide. Realising this tendency the Tribologic Ltd. would like to make this modern technology attainable also for the local industrial users.*
9. *Kiss G.; Odor E.:*  
**Diagnostic results of rotating machines and armature diagnostic program in the Paks Nuclear Power Plant ..... 40**  
*Since 2000 several new diagnostic technologies, methods and systems have been introduced in the Paks Nuclear Power Plant. In addition to the special technology in primary circuit and the reactor noise diagnostic techniques the diagnostic activities directed to the rotating machines and motor driven latches mean the main tendency of modernisation.*
10. *Illés B.; Németh J.:*  
**Static and dynamic analysis of the most loaded column of chair lift line .... 47**  
*Due to the imperfections in design, manufacturing, operation and maintenance vibration occurred with non-expected extend in a Hungarian chair lift line. By static and dynamic analysis of the most loaded column the inconvenient trouble could be eliminated.*
11. *Palotás B.:*  
**Computer aided process planning (CAPP) of surfacing and repair welding 51**  
*The CAPP of repair welding and surfacing is complicated task, which requires highly qualified specialists and much experience. If the specialists have a computer system for helping of the process planning it would be very useful in the practice. The article shows a possible variant of CAPP of surfacing and repair welding.*
12. *Papp T.:*  
**Application of diagnostic methods in the maintenance practice of Sinergy Ltd ..... 57**  
*The new approach of the maintenance activity has a high additional value to the long term reliable and safe operation of the energy producing technologies. The Sinergy Ltd committed itself to the new maintenance approach renewing its organisation structure and continuously developing its maintenance methods and the connected tool systems.*
13. *Papp Zs. Cs.:*  
**Maintenance in control systems ..... 60**  
*In the last few decades the maintenance intensively developed and the maintenance organisations considerable changed. On the basis of his own experiences author outlines the important demands against maintenance, the main tasks of maintenance, the present state and the directions of the prospective changes.*
14. *Pataki T.:*  
**Simulation of the loading test for nanostructures ..... 64**  
*A new algorithm was developed for simulation of the tensile test of nanostructures. The simulation method is considerable since the experimental loading tests of the nanostructures can be carried out costly and with extreme difficulties or they cannot be executed at all.*
15. *Regős G.:*  
**With CIU<sup>2</sup> on the waves – description of the new generation diagnostic system of HOERBIGER ..... 67**  
*In many plants the piston pumps are regarded as the critical machines of the production processes, whose unexpected failure can cause the halt of plant units, generating considerable financial losses. Running suitable control systems (such as HOERBIGER one) the decisive part of these losses can be prevented.*
16. *Seregi A.:*  
**Information systems aiding the maintenance and operation processes - Development resolutions and experiences of introduction ..... 70**  
*The main goal of the modern maintenance systems is to maximise the capability of the equipment. The capability means that the equipment properly runs at a given time or time interval and performs its necessary functions. In the paper author presents expert systems aiding the integrated operation and maintenance activities.*
17. *Szabó J. Z.:*  
**Development of a modular vibration diagnostic test stand .....74**  
*The WibroshoW equipment developed by author at the Óbuda University is a vibration diagnostic test stand, which is suitable for studying the failure methods can be occurred during running of rotating machines. The test stand can serve not only teaching tasks but demanding research purposes as well.*
18. *Szakál Z.:*  
**Sorting by shape independently from geometrical measure ..... 79**  
*A new algorithm was developed for sorting of planar figures by their shape. The algorithm is able to recognise the different figures independently from their geometrical dimensions and complexity. The application of the sorting method is demonstrated by presenting the case study of the sorting of the disassembled fastening elements.*
19. *Wolf G.:*  
**Maintenance Effectiveness Monitoring in the Paks Nuclear Power Plant .. 81**  
*The principal task of the Maintenance Effectiveness Monitoring (MEM) program is to certify the fulfilling of the safety functions of the systems and equipment in nuclear power plants. Realisation of this task requires adequate application of special enterprise managing systems.*
20. *Zsoldos F.:*  
**Maintenance in the Paks Nuclear Power Plant ..... 82**  
*Maintenance is one of the most interesting parts of operating a nuclear power plant. The maintenance strategy is a complex engineering work, because it should keep the balance between over and under maintaining of equipments or systems. The article presents to the main areas of the maintenance in the Paks Nuclear Power Plant.*
21. *Zsoldos I.; Janik J.:*  
**Virtual machine utilisation characteristics ..... 84**  
*Using a newly developed model authors proves that the application of the computer based Zsoldos-Janik machine operation expert system is valid; it can provide objective information to designers, manufacturers, sellers and operators of precious machines.*

# GÉP

## INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám  
**President of Editorial Board**

Vesza József  
**General Editor**

Dr. Jármái Károly  
Dr. Péter József  
Dr. Szabó Szilárd  
**Deputy**

Dr. Barkóczy István  
Bányai Zoltán  
Dr. Beke János  
Dr. Bercsey Tibor  
Dr. Bukoveczky György  
Dr. Czitán Gábor  
Dr. Danyi József  
Dr. Dudás Illés  
Dr. Gáti József  
Dr. Horváth Sándor  
Dr. Illés Béla  
Kármán Antal  
Dr. Kulcsár Béla  
Dr. Kalmár Ferenc  
Dr. Orbán Ferenc  
Dr. Pálincás István  
Dr. Patkó Gyula  
Dr. Péter László  
Dr. Penninger Antal  
Dr. Rittinger János  
Dr. Szabó István  
Dr. Szántó Jenő  
Dr. Tímár Imre  
Dr. Tóth László  
Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

**Dear Reader,**

Looking around in the wide world, in Europe, in the neighbouring countries it can be seen that uniform national organisations of managers and specialists working in the fields of maintenance, repair and operation and basically determining the production effectiveness and safety have already formed everywhere. In every year these organisations provide forums for participants to change their knowledge, ideas and good initiatives in formal and informal discussion conducting in the frame of a comprehensive national maintenance conference.

Institute of Material Science and Machinery of the College of Dunaújváros considers teaching of maintenance distinguished task in mechanical engineering course. Following the initiative of great predecessors in 2008 we organised the first HUNGARIAN MAINTENANCE CONFERENCE with 134 participants. This conference successfully served its main goal, namely to unite the technical intelligentsia deal with the practice, development and teaching of maintenance.

Continuing our initiative of 2008 year, from 30 to 31 of August, 2010 we organised the second HUNGARIAN MAINTENANCE CONFERENCE. The conference was organised by the financial support of the Paks Nuclear Power Plant Ltd, the College of Dunaújváros, the ÉMI-TÜV SÜD Ltd and the Delta-3N Ltd.

We publish a part of the lectures presented at the Conference in the hope that with this achievement we can contribute to spreading of the newest research directions, professional, and practical experiences, to developing the Hungarian maintenance knowledge.

Dunaújváros, March 30, 2011



*Dr. Jenő Szántó*  
Prorector  
President of the MKK

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.  
Postage-address: 3501. Pf. 55. Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1027 Budapest, Fő u. 68.  
Postage-address: 1371, Bp, Pf. 433  
Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Internet: www.gte.mtesz.hu  
Responsible Publishere: Dr. Igaz Jenő Managing Director

<http://www.gepujsag.hu>

Printed by Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67.  
Price per month: 900 Ft; Subscriptions 2.700 Ft per a quarter, 5.400 Ft per an half a year, 10.800 Ft per year.  
Distribution in foreign countries by Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat H-1389  
Budapest, Pf. 149. and Magyar Média H-1392 Budapest, Pf. 272.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

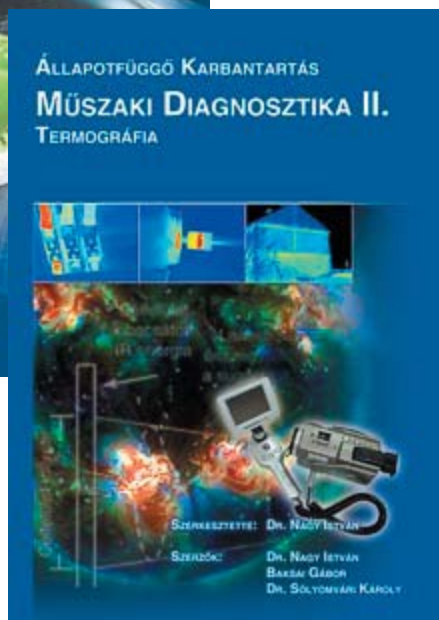
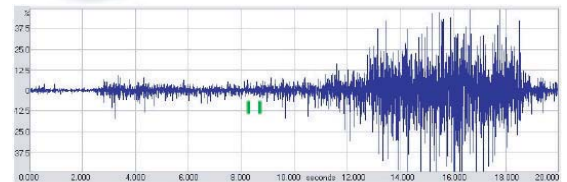
# Delta-3N Kft.



... műszaki diagnosztika felsőfokon!

Az ultrahangos karbantartás keretén belül nagy érzékenységű, hibadetektáló készülékeket szállítunk, mellyel szakembereink vállalják a pontos, műszeres diagnosztizálást is. Egyéb szolgáltatásaink közé tartozik a forgórészek helyszíni kiegyensúlyozása valamint gépek és szíjtárcsák lézeres beállítása.

Újdonságként termokamerák, rezgésérzékelők, elmozdulásérzékelők kalibráció-ellenőrzését végezzük a legkorszerűbb eszközökkel.

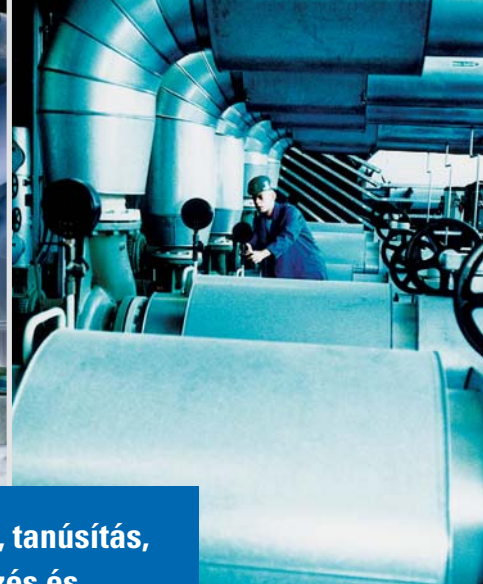


Szakkönyveinkkel szeretnénk segítséget nyújtani a műszaki szakemberek számára azzal, hogy összefoglalva megtalálható legyen az egyes technológiákhoz tartozó legtöbb információ, ezen felül a könyvekben található ismereteket igyekeztünk a laikusok számára is érdekessé tenni. Írásainkban összegyűjtöttük és közreadjuk a saját, valamint a nemzetközi tapasztalato-  
kat.

**...műszaki diagnosztika felsőfokon!**

7030 Paks, Jedlik Á. u 2. Tel.: (+36 75) 510 115.  
e-mail: drnagy@delta3n.hu. web: www.delta3n.hu





ÉMI-TÜV

Több biztonság  
Nagyobb érték

Vizsgálat, tanúsítás,  
képzés és  
szakértői tevékenység



[www.emi-tuv.hu](http://www.emi-tuv.hu)

# Az ÉMI-TÜV SÜD csapata

Notified Body  
1417

műszaki szolgáltatásaival sikerré kovácsolja munkáját a minőségügy és a biztonságtechnika területén.

## Vizsgálat, tanúsítás, oktatás és szakértői tevékenység az alábbi területeken:

- Menedzsmentrendszerek vizsgálata és tanúsítása nemzeti és nemzetközi akkreditációk alapján; minőségirányítási-, környezetközpontú irányítási rendszerek, Magyar Egészségügyi Ellátási Standardok (MEES), Munkahelyi Egészségvédelem és Biztonság Irányítási Rendszerek (MEBIR / OHSAS), SCC, Élelmiszerbiztonsági Irányítási Rendszer (ÉBIR / HACCP / BRC / QS / GLOBALG.A.P.), Autóipari minőségirányítási rendszerek (VDA 6.1 / TS 16949), Információ-biztonsági Irányítási Rendszer (IBIR), EMAS hitelesítés, üvegházhatású gázok kibocsátási jelentésének hitelesítése
- Szakemberképzések a minőségirányítás és biztonságtechnika területén
- Megfelelőség-értékelés és CE jel
- Magas- és mélyépítőipari létesítmények tartószerkezetei, épület- és szakipari szerkezetek
- Játszóterei eszközök, szórakoztatóipari berendezések
- Felvonók, mozgólépcsők, színpadtechnikai berendezések
- Építő-, emelő- és anyagmozgatógépek
- Hegesztési technológiák, hegesztők, hegesztőüzemek
- Nyomástartó berendezések, kazánok, gázpalackok
- Tervengedélyezés
- Fogyasztási cikkek, műszaki-, könnyűipari-, vegyipari- és élelmiszeripari termékek

ÉMI-TÜV SÜD Kft. TÜV SÜD Csoport • H-2000 Szentendre, Dózsa György út 26.  
Telefon: (+36) 26 501-120 Fax: (+36) 26 501-150 • E-mail: [igazgatosag@emi-tuv.hu](mailto:igazgatosag@emi-tuv.hu)

TÜV®