

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



IPAR NAPJAI



2014. május 27-30.

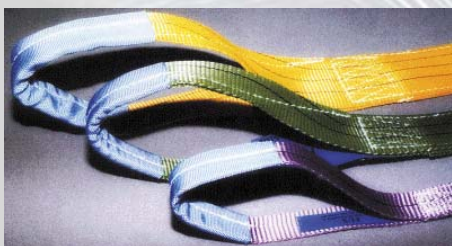


hungexpokiállítás
programod van

ESZAK FERR

Társaságunk mintaboltjában megvásárolhatók:

- ▶ **Sodronykötelek: 1-50 mm-ig**
- ▶ **Műanyag emelőhevederek és körkötelek**
- ▶ **Műanyag emelőfüggeszékek**
- ▶ **Acél emelőkötelek**
- ▶ **LánCFüggeszékek**
- ▶ **Rakományrögzítők**
- ▶ **Huzaltermékek (Ipari és mezőgazdasági)**
- ▶ **Különleges bevonatú járműipari acélsodrátok**
- ▶ **Speciális emelőeszközök és anyagmozgatók**



Címünk:
H-3527, Miskolc, Vásártéri út 8.
Tel: +36 46 501-916
+36 46 501-911
E-mail: sales@eszakferr.hu

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

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

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczöni Ádám

elnök

Vesza József

főszerkesztő

Dr. Jáрмаi 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. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Szűcs Edit

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Zobory István

IPAR NAPJAI

2014. május 27-30.

HUNGEXPO Budapesti Vásárközpont

Az új koncepció lépéseit követve IPAR NAPJAI 2014 néven megrendezzük Magyarország legátfogóbb ipari szakkiállítását, amely egy időben, egy helyen ad lehetőséget minden ipari szegmens bemutatására.

A kiállításon nem csak törzskiállítóink és új üzletfeleink vesznek részt, de visszatérőket is köszönhetünk, a kiállítás nemzetköziségét pedig a taiwani és a német kollektív standok erősítik majd. Jelen lesznek a rendezvényen szép számban a multinacionális nagyvállalatok, valamint a hazai közép- és kisvállalkozások és kisvállalkozások egyaránt.

Az IPAR NAPJAI-n bemutatkoznak a cégek az ipari automatizálás-tól, a méréstechnikán keresztül a robottechnikáig, a műanyag alkatrészgyártástól a felületkezelésen át a hidraulikus, pneumatikus megoldásokig, a szerszámgyártástól a fémmegmunkáláson keresztül a munkavédelemig, a szerelési- és kötési-technikai, kötéstechnikai eszközökön át az átfogó logisztikai megoldásokig.

A teljes árucsoport listából kiemelt tematikai pontok, szekciók az alábbiak lesznek:

- INDUSTRIAUTOMATION (ipari elektronika, elektrotechnika, automatizálás)
- ENERGEXPO (energetika, energiagazdálkodás)
- FLUIDTECH (fluidtechnika: pneumatika, hidraulika, szivattyúk, kompresszorok, tömítéstechnika)
- SUBCON (beszállítóipar, fémfeldolgozás)
- MACH&WELD (gépgyártás, hegesztéstechnika, robotika)
- CHEMTECH (vegyipar, műanyagipar, gumiipar)
- SECUTECH-VÉDTECH (munkavédelem, tűzvédelem, biztonságtechnika)
- LOGEXPO (ipari logisztika)

A rendezvényhez szakmai program is kapcsolódik.

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

Telefon/fax: 06-46/379-530, 06-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

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

Telefon: 06-1/202-0656, fax: 06-1/202-0252, 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. Telefon: 06-46/379-530 • 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, faxon: 06-1/303-3440. További információ: 06-80/444-444

Egy szám ára: 1260 Ft. Dupla szám ára: 2520 Ft.

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

A megjelent cikkek lektoráltak.

A kiadvány a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával jelenik meg.

TARTALOM

1. *Ecsedi István, Baksa Attila*

RÉSZLEGESEN KAPCSOLÓDÓ RUDAKBÓL FELÉPÍTETT VÉKONYFALÚ ZÁRT SZELVÉNYŰ RÚD CSAVARÁSA 5

A tanulmány részlegesen kapcsolódó rúdelemekből felépített vékonyfalú zárt szelvényű rudak egyenletes (Saint-Venant féle) csavarási feladatával foglalkozik. Az egyes rúdelemek kapcsolata nem tökéletes, tengelyirányú elcsúszást is megengedhet. Az elcsúszást gátló erő, arányos az elcsúszás mértékével.

2. *Hajdú Sándor, Dr. Czibere Tibor, Dr. Kalmár László*

A BÁNKI-TURBINA JÁRÓKEREKÉNEK OPTIMÁLIS MÉRETARÁNYAI 9

A közlemény összefoglalja a Bánki-turbina esetében az ütközésmentes belépést és a kilépés perdület mentességét biztosító üzemi- és járókerék méret adatok meghatározására szolgáló eljárást. A paraméterek kölcsönös kapcsolatát a lapátkongruens súrlódásmentes áramlás feltételezésével, a sebességi háromszögek geometriáján alapuló összefüggésekkel írták le. Az így adódó komplex összefüggések nem tekinthetők át, ezért a gyakorlat számára diagramokban feldolgozva is közölték az eredményeket.

3. *Barkóczy Péter, Koszty Péter, Hoó Csaba*

VASÚTI FELSŐVEZETÉK RENDSZERMUNKAVEZETÉKEIN ALKALMAZOTT FELÜLETKEZELÉSI ELJÁRÁS ELŐNYEI 13

Túlterhelés esetén a munkavezetékben keletkező hő függ a vezető villamos ellenállásától és a felületnek hőleadó képességétől. Ismert, hogy a felületi oxidáció miatt a régebben felszerelt munkavezeték jobban ellenállnak a túlterhelésnek az oxidált felület jobb hőleadó képessége miatt. A felület jobb hőleadó képességének másik előnye, hogy a munkavezetékre fagyott kemény zúzmara kisebb terhelés mellett leolvad a munkavezetetről.

4. *Marcsák Gábor Zoltán, Prof. Dr. Jármai Károly*

HEURISZTIKUS ALGORITMUSOK HATÉKONYSÁGVIZSGÁLATA ÁLTALUNK LÉTREHOZOTT TESZTFÜGGVÉNYEK SEGÍTSÉGÉVEL 20

Ebben a cikkben a szerzők részletezik az eddig elért eredményeiket, külön kiemelve az új evolúciós és rajntelligencia eljárásokat. A heurisztikus algoritmus gyűjtemény jelenleg 15 eljárást tartalmaz. Ezen algoritmusok képesek nagyon komplex függvények optimalására.

5.

SZEMLÉLETVÁLTÁSAZACÉLOKHEGESZTÉSÉBEN 26

Szerkezeti acélok hegesztésekor az anyagba bevitt hő mennyisége döntő tényező. Emiatt ezen alapanyagok hegesztése eddig nem volt gazdaságosan kivitelezhető impulzusívvel. Az impulzusív általi magas hőbevitel miatt jelentősen csökkenteni kellett a teljesítményt. Ez azonban döntő hatással volt a hegesztési sebesség csökkenésére, így szerkezeti acélok esetén, mindeddig egyértelműen a hagyományos szórtívet részesítettük előnyben.

RÉSZLEGESEN KAPCSOLÓDÓ RUDAKBÓL FELÉPÍTETT VÉKONYFALÚ ZÁRT SZELVÉNYŰ RÚD CSAVARÁSA

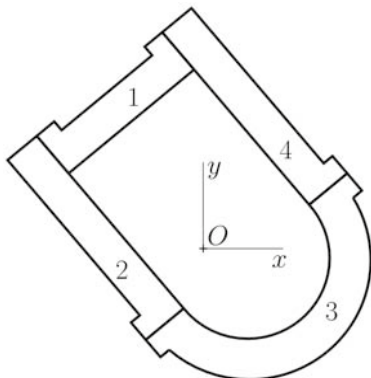
TORSION OF THIN-WALLED BEAM OF CLOSE SECTION WITH NON-PERFECT CONNECTIONS

*Ecsedi István, egyetemi tanár, dr. habil, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet
Baksa Attila, egyetemi docens, PhD, Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet*

ÖSSZEFOGLALÁS (ABSTRACT). The object of this paper is the uniform torsion of thin-walled beam of closed profile. The thin-walled closed cross section is built from several open cross sections whose connections are not perfect. The connection of beam components in axial direction permits slippage. The axially slip is proportional to the shear flow. Paper gives a generalization of the classical Bredt-Batho theory. One example illustrates the application of derived formulae to get the torsional and warping rigidities and torsional function for thin-walled closed profile built from partially connected beam components.

1. BEVEZETÉS

Az 1. ábra egy kompozit, zárt vékonyfalú keresztmetszetet szemléltet. A különböző anyagú rúdkomponensek 1, 2, 3, 4 egymáshoz való kapcsolódásához használhatunk szegecseket, csavarokat, csapokat, vagy valamilyen ragasztó anyagot. Az összekapcsolt vékonyfalú rúdelemek kapcsolata sok esetben nem tökéletes, az elemek kapcsolata megengedhet relatív elcsúszást tengelyirányban. A tengelyirányú relatív elcsúszás a kapcsolat által átvitt nyírófolyammal arányos, vagyis a nem tökéletes kapcsolat lineáris (1. ábra) elmozdulás-erő törvénnyel írható le.



1. ábra. Részlegesen kapcsolt rudakból felépített zárt vékonyfalú keresztmetszet.

A 2. ábra egy nem tökéletesen kapcsolódó vékonyfalú, zárt keresztmetszet középgörbéjét szemlélteti. Az egyes rúdelemekhez tartozó

középgörbét $\widehat{P_i P_{i+1}}$ ($i = 1, 2, \dots, n; P_{n+1} \equiv P_1$) jelöli. A P_0 kezdőponttal indított s ívkoordinátát használjuk a középgörbe pontjainak megadására. A szelvény falvastagságát $t = t(s)$ jelöli (2. ábra). A középgörbe egyenlete az Oxy keresztmetszeti koordináta-rendszerben.

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}(s) = x(s)\mathbf{e}_x + y(s)\mathbf{e}_y, \quad (1)$$

ahol $\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y$ az Oxy koordináta-rendszer egységvektorait jelöli. A rúd tengelyét meghatározó egységvektor \mathbf{e}_z , továbbá az axiális koordinátát z jelöli. Zárt szelvényű, vékonyfalú rudak egyenletes (Saint-Venant) csavarása esetén az alábbi feltevéseket használja a Bredt-Batho elmélet [1,2,3]:

- a csúszató feszültségek mindenütt a teljes falvastagság mentén párhuzamosak a középgörbe érintőjével,
- a csúszató feszültségek a falvastagsága mentén nem változnak.

Ismeretes, hogy a $\widehat{P_0 P}$ (P tetszőleges középgörbe pont) középgörbe szakaszhoz tartozó nyitott szelvény tengelyirányú egyensúlya az alábbi egyenletre vezet [1,2,3]

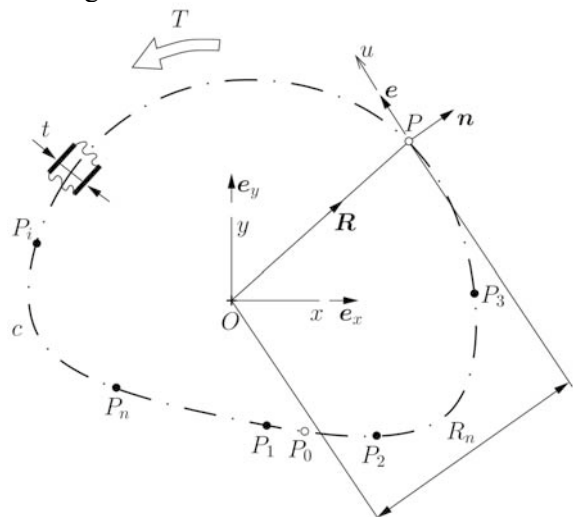
$$q = \tau(s)t(s) = \text{állandó}. \quad (2)$$

A (2) egyenletben q a nyírófolyamot, $\tau(s)$ pedig a feszültséget jelöli. A keresztmetszetet terhelő T csavarónyomaték és a q nyírófolyam kapcsolatát a

$$q = \frac{T}{2A} \quad (3)$$

Bredt képlet adja meg, ahol A a $c = \widehat{P_1 P_2} \cup \widehat{P_2 P_3} \dots \cup \widehat{P_n P_1}$ középgörbe belsejének a területét jelöli. A P_1, P_2, \dots, P_n pontok az egyes rúdkomponensek határpontjai, a rúd

komponensek kapcsolódása e pontokban való-
sul meg.



2. ábra. Zárt szelvényű vékonyfalú keresztmetszet
középgörbéje.

Jelölje ϑ a fajlagos elcsavarodást, $\omega = \omega(s)$
pedig a csavarási függvényt. Ismeretes, hogy a
középgörbe pontjainak elmozdulását az

$$\mathbf{u}(s, z) = \vartheta z \mathbf{e}_z \times \mathbf{R} + \vartheta \omega(s) \mathbf{e}_z, \quad (4)$$

kifejezés adja meg. Itt „ \times ” a vektoriális szorzás
jele. A P_i pontnál összekapcsolt rúdelemek
axiális irányú elcsúszását és a q nyírófolyamot
az alábbi egyenlet kapcsolja össze

$$q = k_i \vartheta \{ \omega \}_{s_i}, \quad (4)$$

$$\{ \omega \}_{s_i} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} [\omega(s_i + \varepsilon^2) - \omega(s_i - \varepsilon^2)],$$

ahol k_i az úgynevezett slip modulus, értéke
tökéletesen összekapcsolt rúdelemekre $k_i = \infty$.
 k mértékegysége $[k] = \text{erő}/(\text{hossz})^2$.

2. CSAVARÁSI MEREVSÉG

A csavarási merevség meghatározása az alak-
változási energia és a külső erőrendszer által
végzett munka egyenlőségén alapul, amelyet
egy egységnyi hosszúságú rúdszakaszra alkalmaz-
zunk. A kapcsolt rúdelemek U_1 alakváltozá-
si energiáját a következő képlet alapján tudjuk
meghatározni [4]

$$U_1 = \frac{1}{2} \int_c \frac{\tau^2}{G} t ds = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{q^2}{G_i} \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \frac{ds}{t}. \quad (5)$$

Itt felhasználtuk, hogy a τ csúszató feszültség

$$\tau = \frac{q}{t} \quad (6)$$

alapján számolható. A nem tökéletes csatolá-
sokhoz, rúdelemek csatlakozási helyeihez tarto-
zó alakváltozási energia értéke pedig

$$U_2 = \sum_{i=1}^n \frac{q^2}{2k_i}. \quad (7)$$

Az egységnyi hosszúságú rúd U alakváltozási
energiáját mint az alkalmazott T csavaró nyo-
maték függvényét az alábbi módon tudjuk
meghatározni

$$U = U_1 + U_2 = \frac{T^2}{4A^2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{G_i} \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \frac{ds}{t} + \frac{1}{k_i} \right). \quad (8)$$

A T nyomatékú erőpár W munkája pedig a

$$W = \frac{1}{2} T \vartheta = \frac{1}{2} \frac{T^2}{S} \quad (9)$$

képlet alapján számolható, ahol S a részlegesen
kapcsolódó rudakból felépített vékonyfalú zárt
keresztmetszetű rúd csavarási merevségét jelöli.
Az $U = W$ egyenletből az következik, hogy

$$S = \frac{4A^2}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{G_i} \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \frac{ds}{t} + \frac{1}{k_i} \right)}. \quad (10)$$

3. CSAVARÁSI FÜGGVÉNY

A csavarási (öblösödési) függvény számításá-
hoz első lépésben a γ nyírási alakváltozást
hazározzuk meg. A (3) egyenletből az követke-
zik, hogy a középgörbe érintőjének irányában a
 P pont elmozdulása (2. ábra)

$$\mathbf{u} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{e} = \vartheta z R_n, \quad R_n = \mathbf{R} \cdot \mathbf{n}, \quad (11)$$

ahol \mathbf{e} a középgörbe P pontbeli érintő egység
vektora, \mathbf{n} pedig a normális egységvektora,
továbbá pont jelöli az \mathbf{R} és \mathbf{n} vektorok skalá-
ris szorzatát. A rugalmasságtan geometriai
egyenlete a γ nyírási alakváltozásra

$$\gamma = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial \omega}{\partial s} = \vartheta (R_n + \frac{\partial \omega}{\partial s}) \quad (12)$$

eredményre vezet [1]. A Hooke-törvény alkalmazásával nyerjük, hogy

$$\tau = \frac{q}{t} = G \gamma = G \vartheta (R_n + \frac{\partial \omega}{\partial s}). \quad (13)$$

A (13) egyenletből az következik, hogy

$$\frac{T}{2At} = G \frac{T}{S} (R_n + \frac{\partial \omega}{\partial s}). \quad (14)$$

Itt alkalmaztuk a (2) egyenletet és a

$$T = S\vartheta \quad (15)$$

egyenletet. A (14) egyenlet alapján írható, hogy

$$\frac{\partial \omega}{\partial s} = \frac{2A}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{G_i} \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \frac{ds}{t} + \frac{1}{k_i} \right)} \frac{1}{Gt} - R_n. \quad (16)$$

A (4) egyenletből, valamint a csavarási merevség képletéből az következik, hogy

$$\left\{ \omega \right\}_{P_i} = \frac{q}{9k_i} = \frac{T}{2A9k_i} = \frac{S}{2Ak_i} = \frac{2A}{k_i \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{G_j} \int_{\widehat{P_j P_{j+1}}} \frac{ds}{t} + \frac{1}{k_j} \right)}. \quad (17)$$

A (16), (17) egyenletek kombinálásával a következő képletet tudjuk levezetni $\omega(s)$ értékére ($s \in \widehat{P_i P_{i+1}}$)

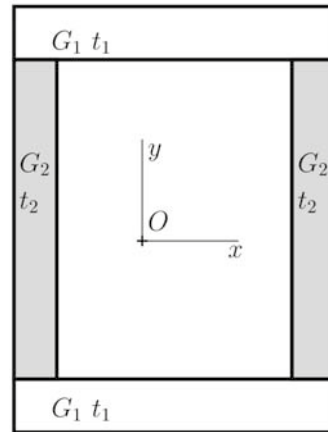
$$\begin{aligned} \omega(s) - \omega(0) = & \frac{2A}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{G_j} \int_{\widehat{P_j P_{j+1}}} \frac{ds}{t} + \frac{1}{k_j} \right)} \left[\frac{1}{G_1} \int_{\widehat{P_0 P_1}} \frac{ds}{t} + \right. \\ & \left. \frac{1}{G_2} \int_{\widehat{P_2 P_3}} \frac{ds}{t} + \dots + \frac{1}{G_i} \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \frac{ds}{t} + \sum_{j=1}^i \frac{1}{k_j} \right], \\ & -2a(s), \end{aligned} \quad (18)$$

ahol $a(s)$ az $\overline{OP_0}$, \overline{OP} egyenesek és a $\widehat{P_0 P}$ ív által határolt síkidom területét jelöli (2. ábra). Könnyen verifikálható, hogy a fenti képlet egyértékű vetemedési függvényt határoz meg, ugyanis $P = P_0$ esetre írható, hogy

$$\frac{2A}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{G_j} \int_{\widehat{P_j P_{j+1}}} \frac{ds}{t} + \frac{1}{k_j} \right)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{G_i} \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \frac{ds}{t} + \frac{1}{k_i} \right) - 2A = 0. \quad (19)$$

4. PÉLDA

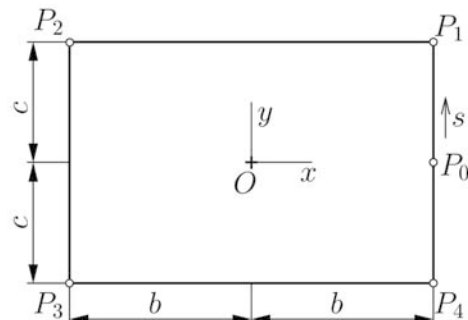
A példában vizsgált keresztmetszetet a 3. ábra szemlélteti. A 4. ábra pedig a szelvény középgörbéjét ábrázolja a geometriai adatokkal.



3. ábra. Üreges téglalap alakú vékonyfalú keresztmetszet.

A példa kidolgozásához az alábbi numerikus adatokat használjuk:

$$\begin{aligned} G_1 &= 0,8 \times 10^{11} [\text{Pa}], \quad t_1 = 2 [\text{mm}], \quad G_2 = 10^{12} [\text{Pa}], \\ t_2 &= 4 [\text{mm}], \quad b = 30 [\text{mm}], \quad c = 20 [\text{mm}], \\ k_1 &= k_2 = k_3 = k_4 = k = 10^{10,5} [\text{Pa}], \\ E_1 &= 2,08 \times 10^{11} [\text{Pa}], \quad E_2 = 2,5 \times 10^{12} [\text{Pa}]. \end{aligned}$$



4. ábra. Téglalap alakú középgörbe.

A (10) képlet alkalmazásával az

$$\begin{aligned} S &= \frac{8b^2c^2}{\frac{b}{G_1 t_1} + \frac{c}{G_2 t_2} + \frac{1}{k}} \\ &= 1,285009 \times 10^{16} [\text{Nmm}^2] \end{aligned} \quad (20)$$

eredményt kapjuk a csavarási merevségre. Az $\omega = \omega(s)$ csavarási (öblösödési) függvény grafikonját az 5. ábra szemlélteti.

Az $\omega = \omega(s)$ függvény grafikonját az $\omega = 0$ kezdeti feltétel figyelembevételével rajzoltuk

meg. Az $\omega = 0$ előírás nem befolyásolja az alakváltozásokat és feszültségeket, mivel az egész rúd z tengely irányú merevtestszerű elmozdulásával kapcsolatos. Könnyen verifikálható, hogy $\omega = \omega(s)$ kielégíti az alábbi feltételeket:

$$\sum_{i=1}^4 E_i t_i \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \omega(s) ds = 0, \quad (21)$$

$$\sum_{i=1}^4 x E_i t_i \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \omega(s) ds = \sum_{i=1}^4 y E_i t_i \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \omega(s) ds = 0. \quad (22)$$

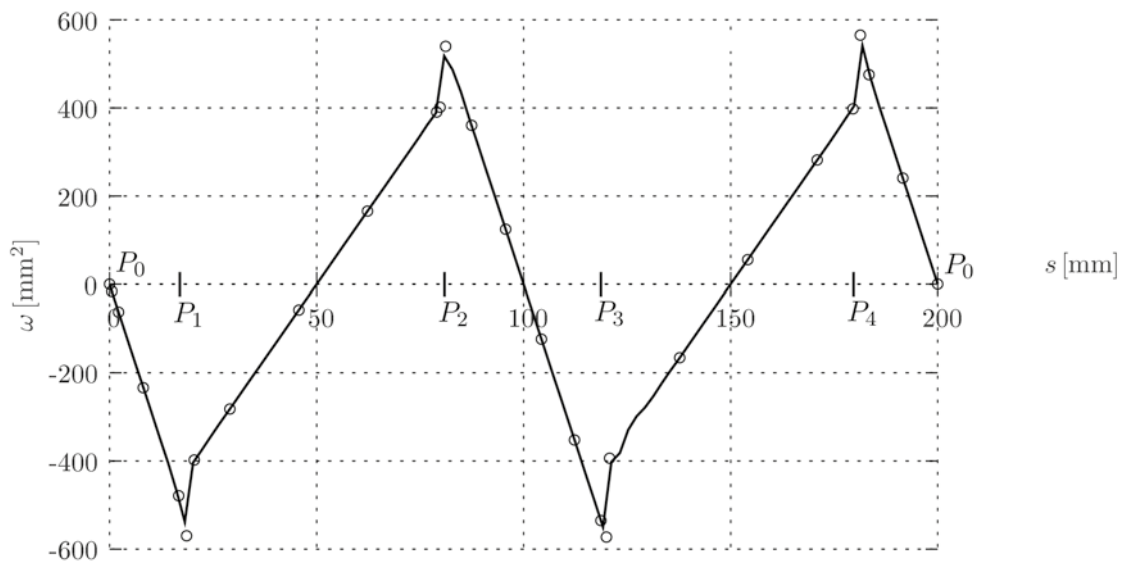
A példában vizsgált keresztmetszet esetében az O pont egyben a keresztmetszet súlypontja és nyírási centruma is, lévén az O pont a keresztmetszet szimmetria középpontja. A keresztmetszet vetemedési merevségét $\omega = \omega(s)$ ismeretében a

$$I_\omega = \sum_{i=1}^4 E_i t_i \int_{\widehat{P_i P_{i+1}}} \omega^2(s) ds \quad (23)$$

képlet alapján tudjuk meghatározni [3]. Egyszerű számolással azt kapjuk, hogy

$$I_\omega = 5,4762 \times 10^{31} [\text{Nmm}^4]. \quad (24)$$

5. KÖVETKEZTETÉSEK



5. ábra. Az $\omega = \omega(s)$ függvény grafikonja.

A tanulmány részlegesen kapcsolódó rúdelemekből felépített vékonyfalú zárt szelvényű rudak egyenletes (Saint-Venant féle) csavarási feladatával foglalkozik. Az egyes rúdelemek kapcsolata nem tökéletes, tengelyirányú elcsúszást is megengedhet. Az elcsúszást gátló erő, arányos az elcsúszás mértékével. A dolgozat a klasszikus Bredt-Batho elmélet általánosítását adja meg a vizsgált esetre. Egy számpéldán szemlélteti a levezetett képletek alkalmazását a csavarási merevség és öblösödési merevség és csavarási (öblösödési) függvény meghatározására.

Köszönetnyilvánítás.

A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében valósult meg, a TÁMOP 4.2.2.B-10/1/-2010-0001 jelű projekt eredményeire alapozva – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

6. IRODALOM

- [1] Megson, T.H.G.: *Aircraft Structures for Engineering Students*. Elsevier, London, 2004.
- [2] Shama, S.: *Torsion and Shear Stresses in Ships*. Springer, Berlin, 2010.
- [3] Murray, N.W.: *Introduction to the Theory of Thin-Walled Structures*. Clarendon Press, Oxford, 1985.

A BÁNKI-TURBINA JÁRÓKEREKÉNEK OPTIMÁLIS MÉRETARÁNYAI

OPTIMAL SIZE RATIOS OF BANKI TURBINE RUNNER

Hajdú Sándor*, Dr. Czibere Tibor**, Dr. Kalmár László***

ABSTRACT

Design data of a Bánki turbine directly affect the efficiency of the machine. Optimization of the design data can be deemed successful if it results in an increase in efficiency, while at the same time the head and the water consumption of the machine comply with the specifications. The present paper concentrates to the optimization of size ratios of the runner in order to reach the best efficiency operation of the turbine. The paper gives an overview of the design data that affect the conditions at the outlet regarding angular momentum. The diagrams of practical use show the ranges of numerical values of the optimal data that correspond to each other with regard to the optimization for an angular momentum-free outlet. Some diagrams are based on results of our former papers.

1. BEVEZETÉS

Az akciós működésű Bánki-turbina lapátcsatornáiban az atmoszferikus nyomáshoz képest túlnyomás nem keletkezik, mivel a járókerékben mechanikai munkává alakuló és a járókerék előtt teljes egészében kinetikai energia formájában jelentkezik. A lapátcsatornában akkor nem lép fel túlnyomás, ha a járókerék lapátcsatornáit az átfolyó vízszög nem tölti ki teljesen.

A munkaközeg a lapátkoszorún kétszer ömlik át. A lapátkoszorú területén belépő közeg *először centripetálisan* ömlik át, majd a járókerék belső részén áthaladva ismét belép a lapátkoszorúba, és azon *másodszorra centrifugálisan* átömölve a lapátkoszorú területén távozik a járókerékből. A kerületen tehát kétszer lép át a közeg, ami azt jelenti, hogy a be- és a kilépés ugyanazon a lapát-élen történik.

Korábbi közleményünkben részletesen áttekintettük a kilépésnél keletkező veszteségeket [1]:

- a kilépési veszteség (a kilépő tömegáram impulzusa miatti veszteség)

- a kilépés perdületessége miatti veszteség.

Jelen közlemény diagramok segítségével mutatja be a kilépés optimális irányát biztosító üzemállapot és járókerék méretarányok közötti kapcsolatot. A diagramok közvetlenül alkalmasak a kilépésnél jelentkező veszteségeket minimalizáló tervezési alapadatok meghatározására.

2. JELÖLÉSEK

A Bánki-turbina lapátoszásának geometriai adataira vonatkozó jelöléseket körív vezérgörbéjű hengeres lapátoszás alkalmazásának a feltételezésével foglaljuk össze az 1. ábrán. A körív-alakú lapát képe az 1. ábrán a K középpontú és R sugarú EA görbe. Az ábrán szerepel a járókeréken átáramló közeg egy számított középső áramvonala is (az A-B-C-D görbe). Az áramlás irányát nyíl mutatja.

A lapát érintője az „E” pontban sugárirányú. Az „e” pontban a középpontból húzott R_0 sugár érinti az áramvonalat, a jelzett helyzetben tehát az áramlás az „e” pontban sugárirányú. A lapátoszást magát három geometriai adat egyértelműen meghatározza, ezek a következők: a lapátkoszorú R_I külső és R_{II} belső sugara, valamint akár a lapátgörbe érintőjének a külső kör érintőjével alkotott β_I szöge, akár a lapát γ középponti szöge.

Az 1. ábrán a be- és a kilépő sebességi háromszögeket összerajzolva mutatjuk be a legjobb hatásfokú működés esetén. Az ábra az alábbi jelöléseket szemlélteti:

kerületi sebesség: u

relatív sebesség: w

az áramlás abszolút sebessége: c .

Az indexek:

* doktorandusz

Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék

** Akadémikus, Professzor Emeritus

Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék

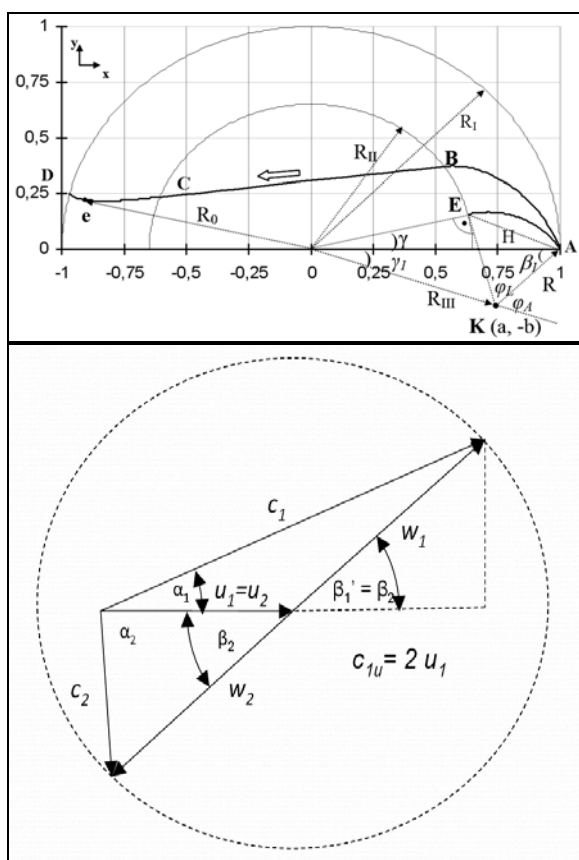
*** egyetemi docens

Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék

belépés a járókerék kerületén: l
 kilépés a járókerék kerületén: 2
 a sebesség kerületi irányú összetevője: u
 a sebesség sugárirányú összetevője: m .

A be- és a kiömlés ugyanazon a lapát-élen megy végbe ezért sűrű, vékony lapátozás esetén, amikor a lapátok közelítően relatív áramvonalaknak tekinthetők az alábbi összefüggések igazak:

1. a kerületi sebesség, valamint a be- és a kilépő relatív sebesség egyenlő ($w_1 = w_2$),
2. a lapátszögek azonosak ($\beta_2 = \beta_1'$), de az átömlés ellentétes iránya miatt az egyik esetben a lapátszög a sebességi háromszög külső szöge: $\beta_1' = 180^\circ - \beta_1$,
3. a *legjobb hatásfokú* működés esetén a belépő abszolút sebesség kerületi irányú összetevője: $c_{1u} = 2 u_1$ és $\alpha_2 = 90^\circ$ továbbá $c_{1m} = c_1 \sin(\alpha_1) = c_2$.



1. ábra. Jelölések. A sebességi háromszögek a perdületmentes kilépés esetéhez tartoznak

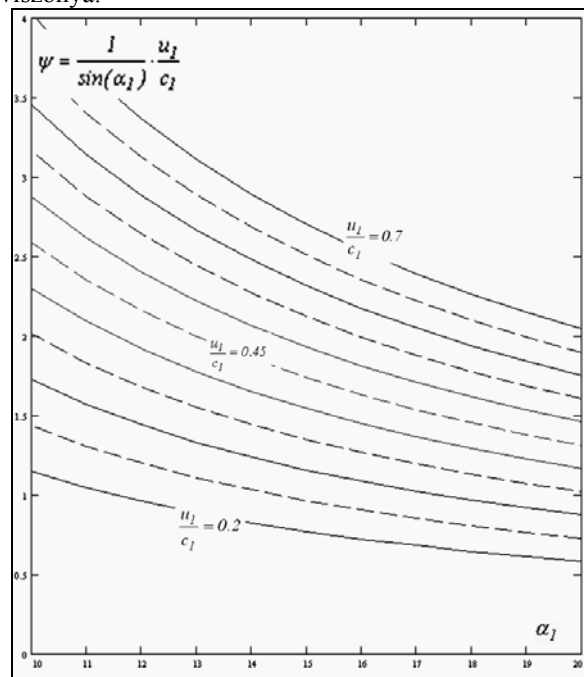
3. A TURBINA ÜZEMÁLLAPOTÁT JELLEMZŐ ψ SEBESSÉGVISZONY

A turbina üzemállapotát a belépő $\omega R_1 = u_1$ kerületi és a c_{1m} meridián sebességek $\psi = \omega R_1 / c_{1m}$ viszonyával jellemezzük. Az 1. ábra szerint ψ kifejezhető a

belépő abszolút sebesség és a kerületi sebesség u_1 / c_1 viszonya felhasználásával:

$$\psi = \frac{l}{\sin(\alpha_1)} \cdot \frac{u_1}{c_1} \quad (1)$$

A 2. ábrán az (1) grafikonja szerepel, paraméter a belépő abszolút sebesség és a kerületi sebesség u_1 / c_1 viszonya.



2. ábra. A turbina üzemállapotát jellemző ψ sebességviszony és a belépő abszolút sebesség és a kerületi sebesség u_1 / c_1 viszonya közötti kapcsolat. Az α_1 értékei szögfokban vannak megadva.

A diagram áttekinthetően szemlélteti a tervezés adatait (a belépő abszolút sebesség nagysága és iránya, valamint a kerületi sebesség a belépésnél) és a turbina üzemállapotát jellemző ψ sebességviszony kölcsönös függését. Az (1), és így a diagram is mindig alkalmazható, mert a belépő sebességi háromszögre minden helyzetben igaz az (1) szerinti összefüggés. A ψ sebességviszony a belépő abszolút sebesség a belépő abszolút sebesség nagysága és iránya, valamint a kerületi sebesség nagysága által meghatározott információt hordoz, ezért a használata leegyszerűsíti a turbina üzemállapota és a járókerék méretarányainak az összehangolását.

4. A LAPÁTKOSZORÚ OPTIMÁLIS R_{II} / R_I SUGÁRVISZONYA

Az $R_{II} / R_I = R$ sugárviszony optimális értéke mellett a kilépés perdületmentes, ha adott a belépő abszolút sebesség nagysága és iránya, valamint a kerületi sebesség nagysága a belépésnél.

Az optimalizáláshoz első lépésben írjuk fel a fenti paraméterek közötti kapcsolatot kifejező egyenletet.

A belépő sebességi háromszögre alkalmazzuk a koszinusz tételt:

$$w_I^2 = c_I^2 + u_I^2 - 2u_I c_I \cos(\alpha_I) \quad (2)$$

A kontinuitás feltétele (a b index a továbbiakban a lapát „E” pontjában érvényes mennyiséget jelöli):

$$w_b = c_I \sin(\alpha_I) \cdot \frac{I}{R} \quad \text{és} \quad R = R_{II} / R_I \quad (3)$$

A kerületi sebességek viszonya:

$$u_b = u_I R \quad (4)$$

Végül az akciós működés következtében áll:

$$w_I^2 - u_I^2 = w_b^2 - u_b^2 \quad (5)$$

Az (5) egyenletbe beírva a (2), a (3) és a (4) szerinti összefüggést, rövid átalakítás után kapjuk a kívánt paraméterek közötti kapcsolatot leíró egyenletet:

$$I - \frac{I}{R^2} \cdot \sin^2(\alpha_I) - 2 \cdot \frac{u_I}{c_I} \cdot \cos(\alpha_I) + \frac{u_I^2}{c_I^2} \cdot R^2 = 0 \quad (6)$$

A (6) optimalizálása a kilépés perdületmentességére vonatkozó feltételnek a figyelembevételével történik.

A perdületmentes kilépés esetében az 1. ábra szerint $c_{Iu} = 2 u_I$, amit az 1. ábrán szereplő sebességi háromszög tulajdonságait felhasználva átalakítunk:

$$\frac{u_I}{c_I} = \frac{\cos(\alpha_I)}{2} \quad (7)$$

A (7) szerinti összefüggést felhasználva a (6) optimalizált alakja az alábbi:

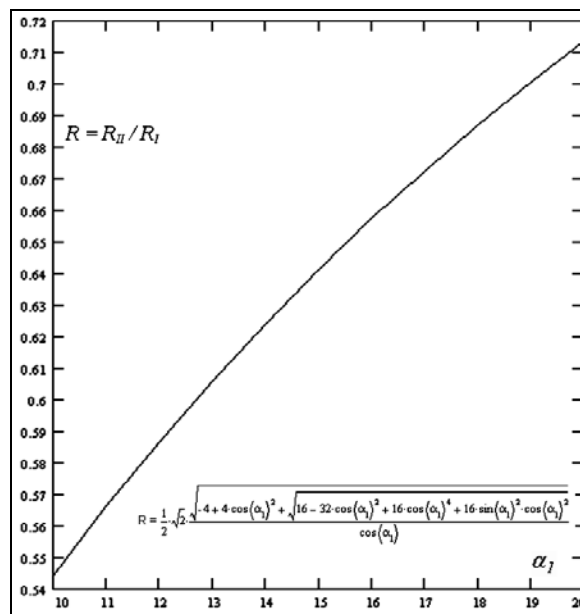
$$I - \frac{I}{R^2} \cdot \sin^2(\alpha_I) - \cos^2(\alpha_I) + \frac{\cos^2(\alpha_I)}{4} \cdot R^2 = 0 \quad (8)$$

A (8) eredmény perdületmentes kilépés esetén a sugárviszonyra a belépő abszolút sebesség irányától függő feltételt fogalmaz meg.

A (8)-t az R változóra megoldva explicit alakban kapjuk az irányfüggést. A 3. ábra diagramja könnyen tanulmányozhatóvá teszi az eredményül adódó komplex algebrai összefüggést.

A sugárviszony irányfüggésére vonatkozó információt a lapátkongruens, súrlódásmentes áramlás feltételezése mellett a sebességi háromszögekre adódó geometriai összefüggésekből határoztuk meg. Az irodalomból ismert számos mérési eredmény is megerősíti azt az egyszerűen

levezethető, ezért a kezdetektől ismert tény, hogy a megfűvás irányát $\alpha_I = 16^\circ$ értékűre választva (ez a tapasztalat szerint általában jó kompromisszum) a sugárviszony optimális értéke kerekén $2/3$. Miután ez az eredmény a fent összefoglalt háttéren alapul, ezért a (8) szerinti kapcsolat is szolgáltatja ezt az összefüggést. Ennél azonban többet is nyújt, mivel rámutat, hogy az említett feltételek mellett a sugárviszony optimalizált értéke egyedül a belépés irányától függ.



3. ábra. A sugárviszony optimális értéke. Az α_I értékei szögfokban vannak megadva.

5. A JÁRÓKERÉK OPTIMÁLIS MÉRETEIT MEGHATÁROZÓ ÖSSZEFÜGGÉSEK

A Bánki-turbina esetében az ütközésmentes belépés és a kilépés perdület mentességével összefüggő üzemi- és járókerék méret adatokat az alábbiakban foglaljuk össze:

- a lapátgörbe érintőjének a külső kör érintőjével alkotott β_I szöge,

vagy

- a lapát γ középponti szöge

- az $R = R_{II} / R_I$ sugárviszony

- $\psi = \omega R_I / c_{Im}$, amely a turbina üzemiállapotát rögzíti

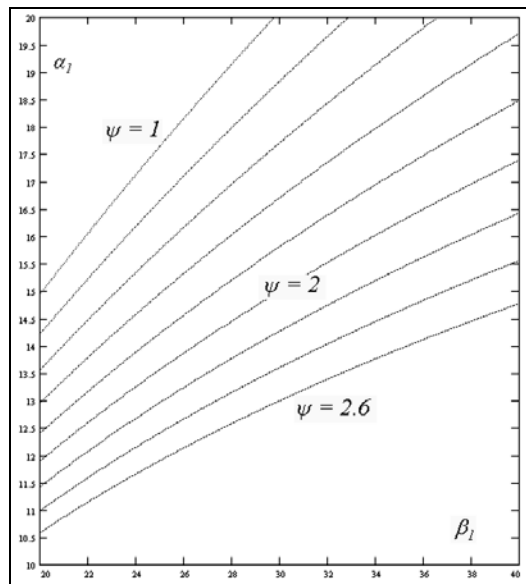
- α_I , amely a belépő abszolút sebesség irányszöge

A jó hatásfokú működés *gyakorlati feltétele*, hogy a közel optimális konfiguráció (ideértve a belépésnél fellépő iránytörés miatti veszteség minimalizálását is) a járókerék teljes érintett kerületén megvalósuljon [3].

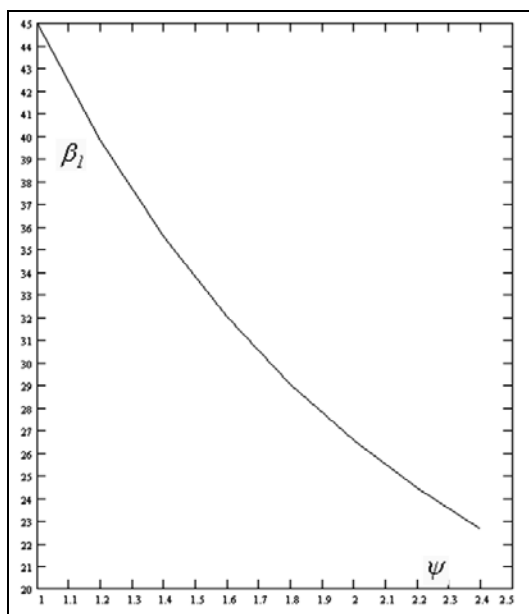
A 4. ábrán a járókerék kerületén érvényes lapátszög (β_I) és a belépő abszolút sebesség irányszöge (α_I) összetartozó (ütközés mentes eset) értékei olvashatóak le az üzemiállapot-jellemző (ψ) szerint paraméterezett

görcbesereg felhasználásával, lapátkongruens áramlást feltételezve [2].

A járókerékbe történő be- és kilépés ugyanazon a lapát élén történik. Az 5. ábra a perdületmentes kilépéshez tartozó lapátszög értékeket ábrázolja az üzemállapot-jellemző (ψ) függvényében, lapátkongruens áramlást feltételezve [2].



4. ábra. A kerületen érvényes lapátszög (β_1) és a belépő abszolút sebesség irányszöge (α_1) szögfokokban van megadva.



5. ábra. A kerületen érvényes lapátszög (β_1) fokokban van megadva.

Az 5. és a 6. ábra szerinti diagramok felhasználásával meghatározható az ütközésmentes belépést és a perdületmentes kilépést biztosító rááramlási irány, kerületi lapátszög és az üzemállapot-jellemzője. A sugárvi-

szony optimális értéke a 3. ábra szerint adódik. A lapátózás geometriája egyebekben a [2] szerinti összefüggésekkel számítható.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A közlemény összefoglalja a Bánki-turbina esetében az ütközésmentes belépést és a kilépés perdület mentességét biztosító üzemi- és járókerék méret adatok meghatározására szolgáló eljárást. A legjobb hatásfokú működés biztosítására össze kell hangolni a kerületi lapátszög és a rááramlási irányszög értékét az üzemállapottal. Kimutattuk, hogy a lapátózás geometriájának egyértelmű rögzítéséhez szükséges $R = R_{II} / R_I$ sugárviszony-érték perdületmentes kilépés esetében a rááramlási iránnyal meg van határozva. A paraméterek kölcsönös kapcsolatát a lapátkongruens súrlódásmentes áramlás feltételezésével, a sebességi háromszögek geometriáján alapuló összefüggésekkel írtuk le. Az így adódó komplex összefüggések nem tekinthetők át, ezért a gyakorlat számára diagramokban feldolgozva is közöljük az eredményeket.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

" A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg"

"The described work was carried out as part of the TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 project. The realization of this project is supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund."

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] HAJDÚ S., CZIBERE T., KALMÁR L.: Bánki-turbina járókerék kilépési veszteségeinek optimalizálása, GÉP, LXV. évfolyam, 2014. 1.szám pp. 18-21. ISSN 0016-8572
- [2] HAJDÚ S., CZIBERE T., KALMÁR L.: Banki turbine design data optimization to ensure angular momentum free flow at runner outlet. XXVIII. microCAD International Scientific Conference, University of Miskolc, 10-11 April, 2014.
- [3] HAJDÚ S. - CZIBERE T. - KALMÁR L: Investigation of shockless entry flows in Banki turbine runners, XXVII. microCAD International Scientific Conference, University of Miskolc, 21-22 March, 2013., ISBN: 978-963-358-018-9

VASÚTI FELSŐVEZETÉK RENDSZERMUNKAVEZETÉKEIN ALKALMAZOTT FELÜLETKEZELÉSI ELJÁRÁS ELŐNYEI

Enhance the properties of the contact wires with surface treatment

*Barkóczy Péter, Koszty Péter, Hoó Csaba**

KIVONAT

Cégünk több mint tíz éve foglalkozik munkavezetékek és a vasúti felsővezeték rendszerekhez kapcsolódó egyéb vezetők és sodratok gyártásával. Ez idő alatt szoros kapcsolatot sikerült kialakítanunk a partnereinkkel, ami folyamatos fejlesztésre sarkallja cégünket. Nem csak a gyártást és a gyártmány minőségét fejlesztjük, hanem új innovatív ötletekkel igyekszünk a vasút építők számára jobb termékeket biztosítani. Cikkünkben is egy ilyen ötletünkről számolunk be. Túlterhelés esetén a munkavezetékben keletkező hő függ a vezető villamos ellenállásától és a felületének hőleadó képességétől. Ismert, hogy a felületi oxidáció miatt a régebben felszerelt munkavezetékek jobban ellenállnak a túlterhelésnek az oxidált felület jobb hőleadó képessége miatt. A felület jobb hőleadó képességének másik előnye, hogy a munkavezetékre fagyott kemény zúzmara kisebb terhelés mellett leolvad a munkavezetékéről. Fejlesztésünkben egy felületkezelést dolgoztunk ki, amivel a frissen gyártott munkavezeték felületének hőleadó képessége a régebb óta üzemelő munkavezeték. A felületkezelés más jellemzőjét (geometria, szilárdság, villamos vezetőképesség) nem változtatja meg a munkavezetéknek, csak az említett előnyöket biztosítja. Cikkünkben a felületkezelt munkavezeték tulajdonságait összevetjük a klasszikus felületkezelés nélkül gyártott munkavezetékkel. Rámutatunk, hogy a mechanikai és a villamos tulajdonságai mellett a vezető túlterhelhetőségét sem változtatja meg a felületkezelés. Kábelvizsgáló laboratóriumunk nagyáramú tesztelőberendezésén üzemeltettük a felületkezelő kábelt és termovízióval vizsgáltuk a hőleadó képességét, amivel kimutattuk, hogy valóban jobb mint a felületkezeletlen munkavezetékek hőleadó képessége. Ebből kimutattuk, hogy a felületkezelt munkavezeték jobban viseli a túlterhelést, és könnyebben leolvadhat a jegesedése. Mivel fejlesztésünk sem a munkavezeték kialakítását, sem az anyagát, sem a mechanikai és villamos tulajdonságait nem módosítja, a felületkezelt munkavezetékünk bármely felsővezeték rendszerbe annak módosítása nélkül beépíthető. A kialakított felületkezelő berendezésünk bármely anyagminőségű és geometriájú munkavezeték kezelésére alkalmas partnereink megrendelésétől függően.

ABSTRACT

FUX Co. product contact wires and other conductors of railway electrification more than ten years. In this period we built up a close contact with our partners which indicate a continuous development in our company. This means not only the development of the production and the quality of the products. We prove new solution to the railway builders based on our innovation and ideas. This article introduces one of our ideas in the mentioned field. During an overload the heat developing in the conductor depends on the electrical resistivity of the conductor and the heat emission of the surface. It is known that the old oxidized contact wire is more resistant from the overloads than the new conductors. This better resistivity is due to the higher heat emissivity of the oxidized surface. Another advantage of the better emissivity that the frozen ice and rime can be easily removed from the surface of the contact wire. It can be performed by the melting of the ice with lower applied power. In our development we apply a surface treatment method. To apply this method it can be increase the heat emissivity of the new contact wire near the level of the oxidized old contact wire. The surface treatment does not change the other parameters (geometry, strength, electrical resistivity) of the contact wires but it proves the mentioned advantages. In this article the properties of the normal and the surface treated contact wire are compared. It is showed that the surface treatment does not change the heat resistant of the contact wire. In our Laboratory of Cable Diagnostics the contact wire was plugged into a high current testing machine. During the test the surface of the cable was examined by thermo-vision, and the heat emissivity was calculated. It is shown that the heat emissivity of the surface treated contact wire is greater than the normal contact wire. It is calculated that the surface treated contact wire has a better resistivity from the overloads and it can be easier melted the ice and rime from it. Our development does not change the construction neither the material nor the properties of the contact wires. It cause that the surface treated contact wires can easily installed in the given electrical lines without any modification of the electrical system. Our machine which performs the treatment is suitable for all types of contact wires.

* FUX Zrt.

BEVEZETŐ

A vasúti villamos felsővezeték rendszer egyik legfontosabb eleme a munkavezeték. A munkavezetéknek komplex feltételrendszernek kell megfelelnie, hogy beépíthető legyen a felsővezeték rendszerekbe. Ez komoly elvárások elé állítja a munkavezeték gyártókat. A FUX Zrt egy évtizede foglalkozik munkavezeték gyártással. Ezeknek a szigorú elvárásoknak folyamatos fejlesztéssel felel meg, amelyet nem csak a partnereivel együttműködve, hanem saját ötletek alapján is végez. Cikkünkben az egyik ilyen fejlesztési lépésünk eredményét mutatjuk be, amivel igyekszünk segíteni a felsővezeték építőknek és üzemeltetőknek.

A munkavezetéknek számos előírásnak kell megfelelnie, mind új, gyártott állapotában, mind hosszú üzemelés után. Az előírások nem tesznek különbséget a felsővezeték kora szerint. Ezt a különbségtételt a rendszer üzemeltetése sem teszi lehetővé. Azonban aprónak tűnő, de még is lényeges különbség adódik a frissen gyártott és a már régóta üzemelő munkavezeték között. Fejlesztésünkkel arra törekedtünk, hogy ezt a különbséget csökkentjük, a két - korban eltérő - munkavezeték közelebb hozzuk egymáshoz úgy, hogy az előírásoknak továbbra is megfelelő, magas minőségű munkavezeték gyártsunk.

Ebben jelentős segítségünkre volt az a fejlesztésünk, ahol az integrált minőségbiztosítási rendszerünket kiegészítettük egy vezeték és kábel diagnosztikai laboratóriummal. Ebben a laboratóriumban a szokásos szabványos vizsgálatokon túl, akár üzemi terheléseket szimulálva is tudjuk a munkavezetéseket tesztelni. Mint cikkünkben látható, nagymértékben támaszkodtunk erre a lehetőségre.

Ötletünk alapját az a tény adja, hogy a munkavezeték felülete a működés során korróziós folyamatok révén megváltozik. A felület megváltozása a hőátadást is megváltoztatja a munkavezeték és környezete között. Ezt a legegyszerűbben a felületi emissziós tényezővel fejezzük ki. Egy frissen gyártott munkavezetéknek, amelyiknek a felülete sima és fényes a felületi emissziós tényezője 0.1-0.15 közötti érték. Egy erősebben oxidált, régebb óta üzemelő munkavezeték felületi emissziós tényezője 0.75 körüli érték. Ez természetesen nem a csúszó felületre vonatkozik, azonban az a kisebb felületi elem a munkavezeték egész felületét tekintve. Ez nagy különbségnek tűnik, azonban ha jobban belemerülünk a munkavezeték üzemeltetésének hátterébe, akkor látjuk, hogy lényeges különbséget nem okoz, ami miatt máshogy kellene üzemeltetni a hosszláncot. Azonban ennek a különbségnek mégis van üzemeltetési oldalról vonzata, ami adott esetben kedvezően kihasználható. Emiatt a termékeink közé

besoroltunk egy munkavezeték felületkezelési lehetőséget is. Minden általunk gyártott, az adott vevői specifikációnak megfelelő munkavezetékkel el tudjuk végezni ezt a felületkezelést. Ezzel két fontos szempontból az újonnan gyártott munkavezeték a régóta üzemelő munkavezetékkel közel azonos állapotra hozzuk. Az egyik ilyen szempont a túlterhelhetőség, a másik a téli szakaszos üzemben megjelenő zúzvara vagy jégréteg eltávolítása. Mind a kettő a munkavezetékben üzem közben fejlődő hó leadásával van kapcsolatban. A munkavezeték villamos terhelhetőségét, alapvetően a munkavezeték termikus viselkedése határozza meg. A megnövelt áramterhelésből adódó hőfejlődés emeli a munkavezeték hőmérsékletét. Ez természetesen kapcsolatban van a munkavezeték mechanikai terhelésével, terhelhetőségével, hiszen a munkavezeték hőmérséklete addig növelhető, amíg a munkavezetékben visszafordíthatatlan káros változások még biztonságosan nem következnek be. Ennek egyik legfontosabb momentuma a munkavezeték lágyulása.

Munkavezetékét a leggazdaságosabban hideghúzással állíthatunk elő. Hideghúzás során nő a munkavezeték anyagának keménysége, szakítószilárdsága, csökken a nyúlása és kis mértékben emelkedik a villamos ellenállása is. Hidegalakítás során a fémekben végbenő diszlokációs szerkezet változása hatására a további alakítással szemben ellenállóbbak lesznek. Ez előnyös, hiszen nagyobb szilárdságú és nagyobb kopásállóságú vezetőt kapunk. A túlzott alakítás okozta túlzott nyúlás csökkenéstől és villamos ellenállás növekménytől az előírások védik a munkavezetékét. A hidegalakítás kedvező hatásai mellett az alakított fém metastabil állapotba kerül az alakítás során. Az alakított fémbe kialakuló diszlokáció szerkezet nagyobb entalpiát biztosít, mint képlékeny alakítás előtt. Egyedül a szobahőmérsékleten rendkívül lassú atommozgás miatt marad meg a képlékenyen alakított állapot. Amint eléggé megemelkedik a hőmérséklet ahhoz, hogy az atomok számottevő sebességgel tudjanak mozogni a fémbe, a diszlokációs szerkezet visszaalakul, miközben a munkavezeték anyagának keménysége és szakítószilárdsága csökken, nyúlása megnő, és villamos ellenállása is csökken valamelyest. A lágyulás üteme a képlékeny alakítás mértékének és a hőmérsékletnek a függvénye. A munkavezetékkel kapcsolatos előírások miatt az alakítás mértékével nem kell számolnunk, hatása állandónak tekinthető. Ellenben a hőmérséklet a lágyulás szempontjából igen fontos paraméter. Minél magasabb a munkavezeték hőmérséklete, annál gyorsabb a folyamat. Ezt megfordítva, létezik egy olyan hőmérséklet, ami alatt üzemeltetve a munkavezetékét, a lágyulás nem következik be. Ez a határhőmérséklet azonban meghatározza a munkavezeték villamos terhelhetőségét.

A munkavezeték villamos terhelhetőségének meghatározásához meg kell vizsgálnunk a munkavezeték üzem közben történő melegedését. A vizsgálathoz tételezzünk fel egy állandósult állapotot. Ebben az esetben a munkavezeték hőmérsékletét a vezetőben fejlődő Joule hő, a napsugárzás okozta melegedés, a vezető sugárzással és konvekcióval leadott hőmennyisége határozza meg. Amíg a Joule hő és a nap sugárzása melegíti a vezetőt, addig a vezető sugárzása és a konvektív hőátadás csökkenti a vezető hőmérsékletét.

A vezetőben keletkező Joule hő a vezető ellenállásától és az átfolyó áram erősségétől függ. Azaz minél nagyobb a munkavezeték villamos terhelése, annál több hő keletkezik benne a vizsgált időtartam alatt. A nap sugárzása által a vezetőben keletkező hő tulajdonképpen az éghajlati adottságok és a munkavezeték felületének függvénye. A fényes, visszatükröző felület kevesebb hőt csatol be a vezetőbe, amíg a matt, nem visszaverő felület többet. Az adott környezeti feltételeket figyelembe véve, azonban a nap sugárzásának hatására bekövetkező hőmérséklet növekményt nem kell változónak tekintenünk, hanem a tervezés során a szabványokban meghatározott módon figyelembe vehetők. Azaz a vizsgálatunkat elég leszűkítenünk a Joule hő okozta hőmérséklet-emelkedésre.

A munkavezeték anyagának tervezés szempontjából legfontosabb paraméterei ezek szerint a hidegen húzott felsővezeték szakítószilárdsága, villamos ellenállása, nyúlása és a lágyulást, azaz a hőállóságot jellemző T0.5 hőmérsékletet, ami az a hőmérséklet, ahol egy órás hőkezelés hatására elveszíti szilárdság növekményének felét.

Felületkezeléskor a célunk, hogy megemeljük a vezeték emisszióját, így a felületének hőleadó képességét. Ezzel csökkenteni tudjuk a munkavezeték üzemi terheléséhez tartozó hőmérsékletet, azaz a vezeték ugyanazon T0.5 hőmérséklet mellett - ami az anyagminőség függvénye elsődlegesen - nagyobb árammal terhelhető. Ezzel ugyanabból az anyagminőségből, ugyanazzal a szabványos konstrukcióval szélesebb körben felhasználható vezeték készül.

Felületkezelés alkalmazásakor az is célunk, hogy a szakítószilárdság, nyúlás és villamos vezetőképeség ne változzon. Az eljárást úgy kell alkalmaznunk, hogy az említett paraméterek ne romoljanak.

Természetesen adott üzemi feltételek között jelentős áramterhelhetőség növekmény ezzel a módszerrel nem érhető el, azonban a vonalakon a túlterhelésekkel szembeni ellenálló képesség növelhető. Emellett a felületkezelt munkavezetéknek van egy másik előnye is. A klasszikusan alkalmazott munkavezetéknel a téli üzem esetén, főként a felfüggesztéseknél jég kristályosodik a munkavezeték felületén, ami az áramsze-

dés minőségét rontja, esetenként a vonal meghibásodásához vezet. A jeget az üzem előtt el kell távolítani a munkavezetékéről. A felületkezelést úgy terveztük meg, hogy a munkavezetéken nem áll össze a víz nagy cseppekben, hanem apró cseppek formájában lefut a vezeték felületéről, így a tömör jég nehezebben kristályosodik a felületen. Ezen felül a megnövelt emisszió miatt egy kisebb alkalmazott előfeszítés hatására meginduló áram okozta melegedés elegendő ahhoz, hogy a jeget teljesen, vagy részlegesen megolvassza a vezető felületén, így a villamos vontatás biztonsága növelhető.

A felületkezelt munkavezeték említett tulajdonságait laboratóriumi teszteken keresztül vizsgáltuk. Cikkünkben a laboratóriumi vizsgálatok eredményeit közöljük.

VIZSGÁLT MUNKAVEZETÉK ÉS VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK

A bemutatásra kerülő vizsgálatokhoz az EN 50149 szabvány előírásainak teljesen megfelelő Cu-ETP szabványos anyagminőségű munkavezetéseket gyártottunk. A gyártott és tesztelt típusok AC80, AC100 és AC120 vezető keresztmetszetű munkavezetésekként voltak. A gyártást hideghúzással végeztük properzi eljárással készült hengerhuzalból.

Az alapanyagból hideghúzással elkészült munkavezetéseket a FUX Zrt. laboratóriumában megvizsgáltuk. Ezek után az elkészült szakaszok felét felületkezeltük, a másik felét kezeletlenül hagytuk (1. ábra).



1. ábra. A felületkezelt és nem felületkezelt AC100 munkavezeték.

Felületkezelés után is minősítettük a munkavezetéseket. Ezek után a munkavezetéseket Borel gyártmányú légkeveréses villamos fűtésű kemencében hőkezeltük 200, 250, 300, 350, 400, 450 és 500°C-on egy óráig. A hőkezelések végén újra elvégeztük a minősítéseket, hogy megvizsgáljuk a T0.5 hőmérsékletet. A minősítés során szabványos szakítóvizsgálatot és szabványos villamos ellenállásmérést végeztünk.

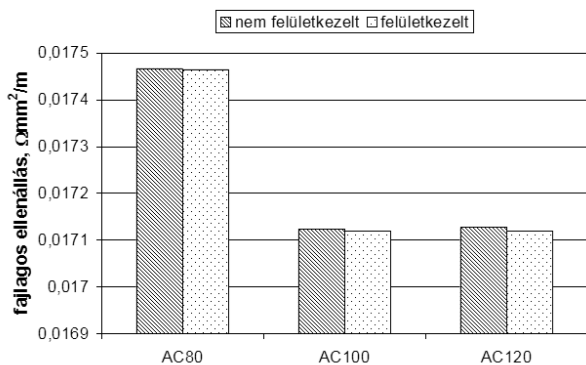
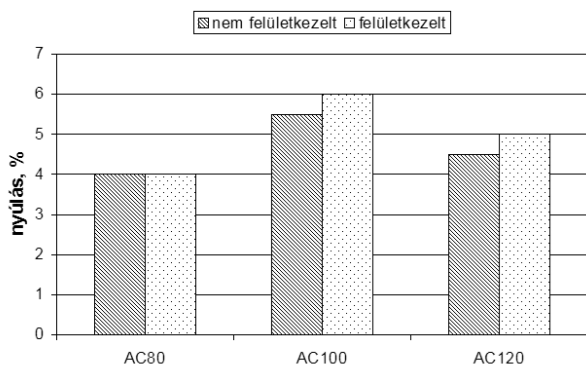
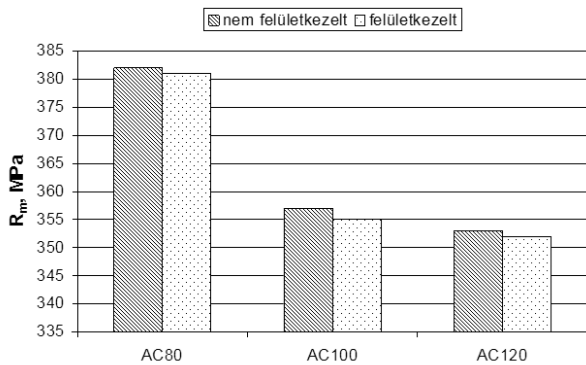
Ezek a vizsgálatok után a munkavezetéseket nagy áramú villamos tesztelő berendezésünk áramkörébe kapcsoltuk, ahol hőkamerával vizsgáltuk a felületkezelt és nem felületkezelt szakasz emissziója közötti különbséget.

A villamos tesztelés után vízpermettel szórtuk a vezetékét áramtalanított állapotban, ahol vizuálisan vizsgáltuk, hogy a vízpermet a munkavezeték felületén hogyan viselkedik.

AZ ÚJ FELÜLETKEZELT MUNKAVEZETÉK TULAJDONSÁGAI

A munkavezetéseket gyártás után minden esetben minősítjük. A minősítés során mérjük a munkavezeték szakítószilárdságát, nyúlását és villamos ellenállását. A tesztelt három típus esetén ugyanezeket a méréseket elvégeztük mind a felületkezelt, mind a kezeletlen munkavezeték szakaszokból vett mintákon is. A felületkezelés hatását a 2. ábra mutatja.

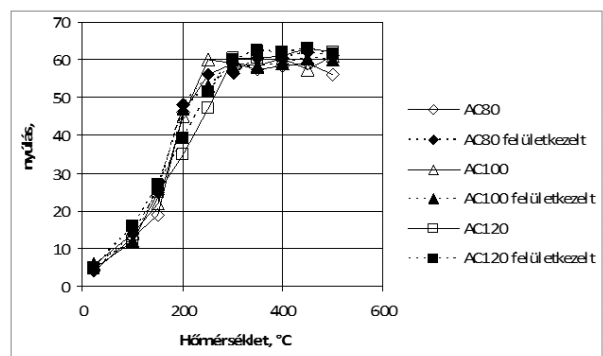
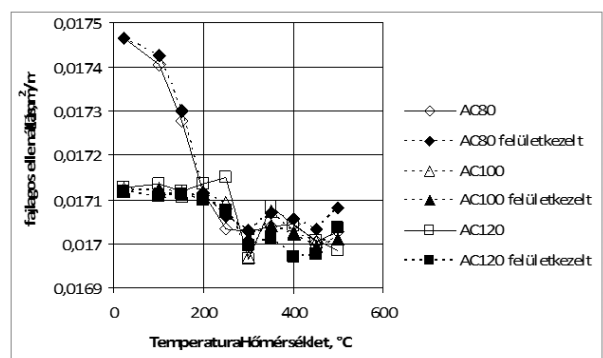
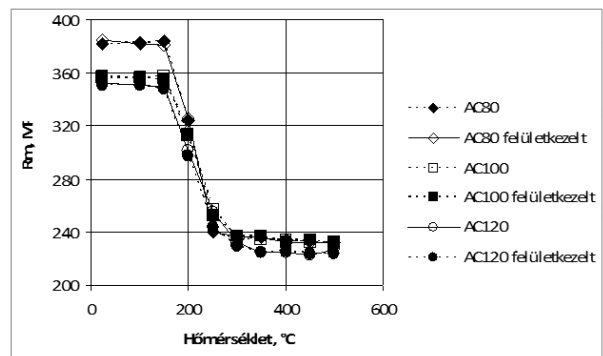
A 2. ábrán látható, hogy az azonos típusú munkavezeték mechanikai és villamos paramétereinek összevetése.



2. ábra. A tesztelt munkavezeték mechanikai és villamos paramétereinek összevetése.

nek el egymástól, azaz a felületkezelés nem módosítja meg ezeket a paramétereket. Továbbá az is látható, hogy a vonatkozó szabvány előírásainak teljes mértékben megfelelnek, azaz, ahová a felületkezelés nélküli huzal felszerelhető, oda a felületkezelt is teljesen alkalmas. Látható, hogy a bevezetőben említett első célt elértük.

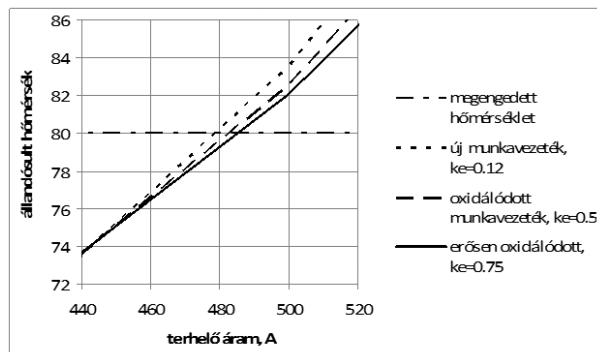
A további célkitűzésünk teljesítéséhez a munkavezetéseket 200 és 500°C között 50°C-ként hőkezeltük villamos fűtésű kemencében egy óra időtartamon át. A hőkezelt munkavezetéseket szabad levegőn hűtöttük szobahőmérsékletre. A hőkezelés után a huzalokat egy napig pihentettük, majd ugyanúgy teszteltük, mint a készterméket. A lényeges paraméter a szakítószilárdság, azonban mértük a nyúlás és villamos ellenállás értékeit is, hogy az összevetés teljes legyen. Az eredményeket a 3. ábrán mutatjuk be.



3. ábra. A felületkezelt és nem felületkezelt munkavezeték lágyulásának összevetése.

A 3. ábra diagramjain látható, hogy az azonos munkavezetékek lágyulásában lényegi különbség nem tapasztalható. Mind a szakítószilárdság, mind a villamos ellenállás hasonló mértékben csökken, a nyúlás pedig hasonlóképpen nő az újrakristályosodás következtében. Ez azt jelenti, hogy a felületkezelés nem módosítja a T0.5 hőmérsékletet, ami mindegyik típus esetében közel 200°C. Mint látható az eredményekből a második célunk is teljesült. Mechanikai és üzemi tervezés szempontjából is azonos mind a felületkezelten, mind a felületkezeletlen munkavezeték. Azaz ugyanabba a felsővezeték rendszerbe, ahol felületkezeletlen munkavezeték üzemel, oda a felületkezelten is változtatás nélkül beilleszthető.

A bevezetőben bemutattuk, hogy ha növeljük a felsővezeték huzal emisszióját, akkor időegység alatt nagyobb hőmennyiség leadására képes, így alacsonyabb üzemi hőmérsékeltű vezetékét kapunk. Ezt megfordítva, ha az üzemi hőmérséklet adott, akkor nagyobb áramerheléssel tudjuk üzemeltetni a munkavezetékét. Ez a bevezetőben leírtak alapján valóban csak az emisszió hatása. Az emisszió az emissziós tényezővel jellemezhető, ami a gyártott munkavezetékek esetén 0,1-0,15 közötti érték. Elméleti számítások alapján megtudhatjuk, hogy adott hőmérsékleti határ mellett az emissziós tényező növelésével az áramerhelhetőség növelhető (4. ábra).



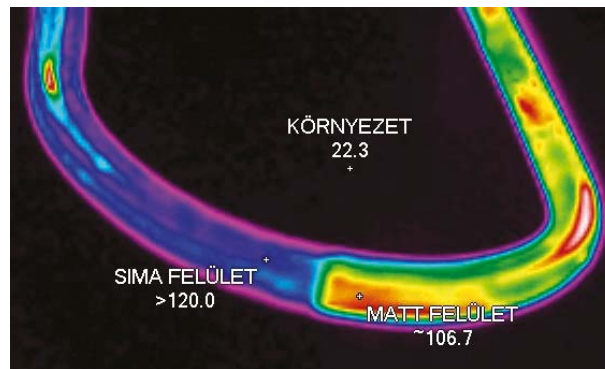
4. ábra. Az AC100 Cu-ETP ötvözetből gyártott munkavezeték áramerhelhetősége az emissziós tényező függvényében.

Ez a törvényszerűség ismert, hiszen a felsővezeték emissziója a használat során, a környezeti oxidációs hatásoknak köszönhetően növekszik, elérheti akár a 0.75 értéket is. Ha ezt ki akarjuk használni a terhelhetőség növelésére, akkor azt feltételezzük, hogy a szakaszon minden hosszlánc azonos korú. Ez azonban nem mindig teljesül, azaz művileg meg kell emelni az új munkavezeték emisszióját.

A tesztelt munkavezeték egy saját fejlesztésű, nagy áramú tesztberendezés áramkörébe helyeztük. A munkavezeték egyik fele felületkezelve volt, a másik

fele felületkezelés nélküli. Az üzemeltetés során megvártuk, amíg a bekapcsolási tranziens végigfut, és kialakul az állandósult termikus állapot. Ezt hőkamerás megfigyeléssel végeztük.

Az állandósult állapotban hőkamerás felvételeket is készítettünk (5. ábra), és tapintó hőelemmel is méréseket végeztünk. A hő méréshez vas-konstantán hőelemet használtunk, amit vékony polimerbevonattal szigeteltünk el villamosan a munkavezetékétől.



5. ábra. Az AC100 Cu-ETP munkavezetékéről készült hőkamerás felvételek.

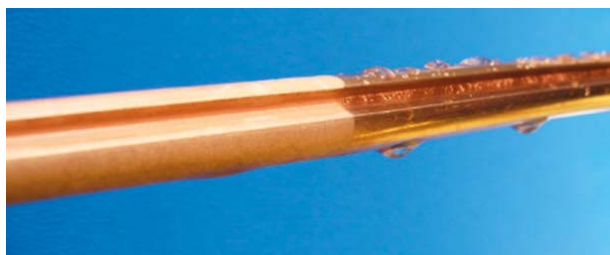
A hőkamerás felvételeken látható, hogy felületkezelten munkavezeték hőmérséklete alacsonyabb, mint a felületkezelés nélküli szakasznak. Mind a hőkamerás, mind a tapintó hőmérővel végzett mérések kimutatták, hogy 480A áramerhelés hatására az AC100 felületkezelten munkavezeték hőmérséklete közel 10°C-szal kisebb, mint a felületkezelést nem kapott munkavezetéké. Hasonló értékeket kapunk a másik két tesztelt munkavezeték esetén is. A vizsgálatokat 22°C-os laboratóriumi környezeti hőmérséklettel végeztük. A tapintó hőmérsékletmérő adataival kalibrálva a hőkamera értékeit a munkavezetékek termikus emissziós tényezője meghatározható. A mérésekből megállapítottuk, hogy a kidolgozott felületkezelési technológia 0.5 körüli értékre növeli meg a munkavezeték emissziós tényezőjét. Ezt visszavetítve a 4. ábrán bemutatott eredményekbe 3-5% közötti áramerhelhetőségbeli növekedés érhető el ugyanazon a szakaszon, a szakasz elemeinek módosítása nélkül a felületkezelten munkavezeték felhasználásával. A konkrét érték természetesen a környezeti hatásoktól függ. Ez a növekmény, mint bemutattuk semmilyen mechanikai illetve villamos tulajdonságváltozást nem okoz a munkavezetékben, azaz a tervezési paramétereket nem kell megváltoztatni.

Már a bevezetőben is említettük, hogy ennek a jelenségnek nem ez az egyedüli és legfontosabb hatása. Téli időszakban jég kristályosodik a munkavezeték felületén ami az áramszedés minőségét és biztonságát is veszélyezteti. Ezt a jeget az üzemelés során el kell távolítani. Az felsővezetékét a villamos vontatás sza-

kaszosan terheli, így ez nehéz feladat, sok problémát képes okozni. Szélső helyzetben a felsővezeték szakadását, vagy az áramszedés megszűnését. Mindkét probléma a villamos vontatás folytonosságát szünteti meg.

A jég a felsővezetéken két formában jelenik meg. Ha a környezeti hőmérséklet, a páratartalom és a szélsebesség megfelelő határokon belül mozog, akkor lágy zúzmara alakul ki a felületen, aminek a mechanikai szilárdsága kicsi, az áramszedő képes eltávolítani a felületről. Ha a környezeti és üzemi feltételek megváltoznak, akkor tömör jég keletkezik a munkavezetéken, főleg a felfüggesztési pontokban. Ennek a tömör jégnek a szilárdsága olyan, hogy az áramszedő nem tudja eltávolítani, és kialakulhat olyan vastag réteg, amelyet az üzemi hőmérséklet nem képes megolvasztani.

A felületkezelésünk két úton is javítja ezt az esetet. Az egyik, hogy a vezetéken lecsapódó pára nem áll össze nagy cseppekben, hanem apró cseppekben folyik a vezető felületéről, így nehezebben alakulhat ki a vastag jégpáncél. Ezt a hatást vízpermet próbával mutatjuk be. A felületkezelt és a nem felületkezelt munkavezeték felületére 100mm távolságból divergens vízpermetet szórtunk. A 6. ábrán látható, hogy a felületkezelés nélküli munkavezetéken a vízpermet cseppjei a vezető felületén nagyméretű cseppekké folynak össze (7. ábra).



6. ábra. A felületkezelt és nem felületkezelt AC100 CU-ETP munkavezeték vízpermet próbája.

A felületkezelt vezetőszakaszon látható, hogy nem jelennek meg nagy cseppek, a vízpermet cseppjei egyedileg legördülnek a vezető felületéről.

A másik mód, ahogy a felületkezelés a jegesedés ellen alkalmazható, hogy nagyobb emissziójú vezető nagyobb hőt ad át a környezetének. Ez adott esetben nem csak a környezet lehet, hanem a felületen kristályosodott jégréteg is. Azaz áramterhelés mellett a jég gyorsabban leolvasható a munkavezetékéről. Észlelt jegesedés esetén a vonal előfeszítésével a jégréteg könnyebben megolvasható a munkavezeték felületén. Ezen megállapítások a bevezetőben említett elméleti számításokból és a fent bemutatott vízpermet próbákból következnek.

ÖSSZEGRZÉS

Cégünk elkötelezett a folyamatos fejlesztés irányában. Minden termékprofilban, legyen az felsővezeték, autópálya sodratok vagy a vasútvillamosítás, új innovatív termékek fejlesztésével igyekszünk mind az üzembiztonságot, mind a minőséget emelni. Ebben a folyamatos munkában a legtöbb esetben magunkkal a vevőinkkel együtt végezzük ezt a fejlesztést. Cikkünkben kiemeltünk egy új felületkezelési eljárással kiegészítve gyártott munkavezeték tesztelésének eredményeit, ami a legújabb innovációnk eredménye. A felületkezeléssel célunk volt, hogy azonos szakaszon villamos terhelés növekményt tudjunk elérni, és a túlterhelésekkel és a téli jegesedéssel szemben ellenállóbb, a villamos vonatatás üzemét jobban biztosító felsővezeték állítsunk elő.

A vizsgálatokhoz több vezetőkeresztmetszetű CU-ETP alapanyagú munkavezeték alkalmaztunk. A munkavezetéseket a cégünkönél alkalmazott technológiával gyártottuk, ahol a gyártósorunkat kiegészítettük a felületkezelés berendezéseivel.

A munkavezeték mechanikai és villamos tulajdonságait teszteltük, és megállapítottuk, hogy a felületkezelt munkavezeték tulajdonságai megegyeznek a felületkezelést nem kapott munkavezeték tulajdonságaival. Ezen túlmenően a szabványos előírásoknak teljes mértékben megfelelnek.

Fontos tervezési paraméter a T0.5 hőmérséklet, ami tulajdonképpen a munkavezeték hőállóságát határozza meg. Ennek értéke elsődleges a mechanikai tervezés során, hiszen meghatározza a munkavezeték maximális üzemi hőmérsékletét. Ennek vizsgálatára laboratóriumi hőkezelési vizsgálatokat végeztünk el. Megállapítottuk, hogy a felületkezelés nem módosítja a T0.5 hőmérsékletet. Ezt és a mechanikai vizsgálatok eredményeit figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a felületkezelt munkavezeték mindenhová beépíthető, ahová a felületkezelés nélküli munkavezeték.

A tesztelt munkavezetéseket nagy áramú tesztelő berendezésbe építettük be. A bekapcsolási transziens állapot után beálló állandósult hőegyensúlyban mértük a vezeték hőmérsékletét hőkamerával és tapintó hőelemmel. Megállapítottuk, hogy azonos áramterhelés esetén a felületkezelt munkavezeték hőmérséklete alacsonyabb, azaz nagyobb a felülete által leadott hő. A tapintó hőmérő adataival kalibrálva a hőkamera értékeit megállapítottuk, hogy a vezető emissziós tényezője 0.1-0.15 értékről 0.5 körüli értékre emelkedik. Ez a környezeti paraméterektől függően 3-5% áramterhelés növekményt okoz.

A vezető felületének jegesedését teszteltük vízpermet próbával. Megállapítottuk, hogy amíg a felületkezelés nélküli vezetón a vízpermet cseppjei nagy cseppekké állnak össze, és a vastag jégpáncél kialakulhat, addig a felületkezelt vezető felületén a cseppek nem állnak össze, aprók maradnak, így nem alakul ki mechanikailag ellenálló vastag jégpáncél. Ezen túlmenően, a felületkezelt vezető emissziós tényezője magas, így kisebb átfolyó áram hatására megindul a jég olvadása, azaz könnyebben leolvasztható a jég előfeszítéssel a munkavezetékéről.

A gyártósorunkba illesztett, kidolgozott felületkezelő eljárás nem változtatja a munkavezeték gyártás termelékenységét. Nem változtattuk meg az alapanyagot, és a szabványos munkavezetékek mindegyikénél alkalmazható ugyanez az eljárás. A gyártott termékeink mindegyikével képesek vagyunk a bemutatott előnyöket biztosítani.

SUMMARY

Our company is committed to the continuous development. In the case of every product group our aim to enhance robustness of production and the quality of the product. We do the same either the field of overhead conductors, railway electricity or the field of strands for car industries. In the most cases we perform the developments with our partners. In this article a new surface treated contact wire was introduced. The properties of the wires and test results were showed. Our aim was to enhance the resistivity of the contact wire from the electrical overloads, and produce a wire from which the ice and rime can be easily remove by melting.

In our experiments more different type of contact wire from Cu-ETP was used. The contact wires were product by our drawing technology. The technological

line was extended by a surface treatment.

The mechanical and electrical properties of the contact wires were tested. Our results shows that the properties of the normal and the surface treated contact wire are the same, and fulfill the requirements of the standards.

Important parameter of the contact wire is the T0.5 temperature during the planning the line. This value mans the heat resistivity of the wires. This value determines the maximum of the operating temperature. For the measure this value a laboratory heat treatment experiments were performed. Different temperatures were applied in an isotherm manner. It was stated, that the surface treatment does not change the T0.5 value.

High current load was applied to the wires in a special tester. During the test the temperature of the wires is measured by contact thermocouples and thermo-vision. From these two values the heat emissivity was calculated of the wires. It was shown that the heat emissivity of a normal newly produced contact wire is approximately 0.1. The surface treatment increases this value up to 0.5. This means a 3-5% increase in the maximal operational current load.

A water drop test also performed which shows that the water cannot form large drops on the surface of the wire. The water forms small drops which decrease the probability to form a thick and strong ice layer on it. Additionally the higher heat emissivity of the surface makes the ice easier to melt. It means a lower current for the melting of the ice.

The developed machine of the treatment cannot change the productivity of the production line. The method can be applied to all type of the contact wires. Our company is able to produce the introduced wire to any railway system.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] A. Csoma, Actual questions on loadability of catenary wires , Hungarian Rail Technology Journal, vol. XVIII/2, 2013, Magyar Közlekedési kiadó Kft.

[2] A. Csoma, Actual questions on loadability of catenary wires.(2nd. part), Hungarian Rail Technology Journal, vol. XVIII/2, 2013, Magyar Közlekedési kiadó Kft.

[3] Gy. Nemcsik, P. Barkóczy, Sz. Gyöngyösi, Development of the drawing technology of shaped wires, XIV. Conference on plastic deformation, Miskolc, Hungary, pp. 228-233 (2011)

[4] D.A. Porter – K.E. Easterling: Phase transformation in metals and alloys, Chapman & Hall, London, 1996

[5] P. Cotterill – P.R. Mould: Recrystallization and Grain Growth in Metals, Surrey University Press, London, 1982

HEURISZTIKUS ALGORITMUSOK HATÉKONYSÁG-VIZSGÁLATA ÁLTALUNK LÉTREHOZOTT TESZTFÜGGVÉNYEK SEGÍTSÉGÉVEL

BENCHMARKING HEURISTIC ALGORITHMS WITH TEST FUNCTIONS CREATED BY US

Marcsák Gábor Zoltán*, Prof. Dr. Jármay Károly**

ABSTRACT

The process of optimization is finding the best solution to a given problem, when the amount of available resources (time, computational power) are often restricted. Despite the rapid development of computer science, most optimization problems can't be solved by evaluating all feasible solutions, simply because the search space is enormously huge, and would require exponential computation time to be fully explored. We encounter optimization problems almost everywhere in life, for example engineering, information technology, medicine, and many other areas of science. In our previous article, we examined the most frequently used lifting machinery in the modern industry, the bridge crane, from an aspect of structural optimization. We minimized the weight of the crane's main beam, in order to reduce production and operating costs. For the optimization process, we used a heuristic algorithm collection implemented by us, which is under continuous development. In this paper, we would like to summarize our latest results regarding the heuristic algorithm collection, particularly the novel evolutionary and swarm intelligence methods we use.

1. BEVEZETÉS

Az optimalítás során a cél a legjobb megoldás megtalálása egy adott problémára úgy, hogy a rendelkezésre álló erőforrások (idő, számítási teljesítmény) gyakran korlátozottak. A számítógépek rohamos fejlődése ellenére még mindig sok olyan feladat ismert, ami nem oldható meg pusztán a számítási teljesítményre alapozva. Az élet számos területén találkozhatunk optimalítási problémákkal, legyen szó mérnöki, informatikai, orvosi, vagy bármilyen egyéb tudományterületről. Korábbi cikkünkben [1] a modern ipar egyik leggyakrabban használt emelő szerkezetét, a

futódarut vizsgáltuk szerkezetoptimalítási szempontból. Az egyik legfontosabb szerkezeti elem, a főtartó súlyának minimalizálását végeztük, az üzemeltetési és gyártási költségek csökkentése érdekében.

Az optimalításhoz egy általunk megvalósított heurisztikus algoritmus gyűjteményt használtunk, amit folyamatosan fejlesztünk. Ebben a cikkben az említett fejlesztéseket szeretnénk részletezni, külön kiemelve az új evolúciós és rajntelligencia eljárásokat. A heurisztikus algoritmus gyűjtemény jelenleg 15 eljárást tartalmaz, legfőbb előnyét pedig éppen az jelenti, hogy a különböző optimalítási problémákat nem egy algoritmussal oldja meg, hanem mindegyik eljárás eredményt szolgáltat. Előfordulhat ugyanis, hogy adott típusú feladat esetében valamelyik algoritmus rosszabbul működik mint a többi, azonban egy másik típusú feladtnál ennek épp az ellenkezője igaz.

A heurisztikus algoritmusok hatalmas előnye, hogy nagyon bonyolult problémák esetén is képesek viszonylag rövid idő alatt, kevés számítás árán eredményt szolgáltatni. Hátrányuk azonban, hogy nem garantálható teljes bizonyossággal az optimális megoldás megtalálása. Minél több egymástól független algoritmussal próbálunk megoldani egy problémát, annál inkább bízhatunk az optimum, vagy optimum-közeli megoldás megtalálásában.

2. OPTIMÁLÁSI PROBLÉMÁK LEÍRÁSA

A problémák megoldásához szükséges azok matematikai megfogalmazása. Az optimalítás során a különböző értékek két csoportba sorolhatók: előre megadott (bemenő) paraméterek, illetve döntési változók. Az alapvető különbséget az jelenti közöttük, hogy a bemenő paraméterek értéke rögzített (konstans), ezzel szemben a döntési változók értéke az optimalítás során változik. Annak függvényében, hogy a döntési változók milyen értékeket vehetnek fel, léteznek diszkrét és folytonos változók. A döntési változók értékét különböző feltételek definiálásával befolyásolhatjuk. Ha definiálunk feltételt, akkor

* logisztikai mérnök MSc hallgató, Miskolci Egyetem

** egyetemi tanár, rektorhelyettes, Miskolci Egyetem

feltételes, egyébként feltétel nélküli optimalást végzünk. A feltételek matematikailag lehetnek egyenlőségek vagy egyenlőtlenségek. Az optimalás célját, a megoldási alternatívák vizsgálatát célfüggvény segítségével határozzuk meg. Abban az esetben, ha csupán egyetlen célfüggvény van, egycélfüggvényes, ellenkező esetben többcélfüggvényes optimalásról beszélünk. Egycélfüggvényes optimalás lehet például egy rácsos tartó súlyminimumának meghatározása, mely egyetlen végeredményt, legtöbbször egy skalár értéket ad [2]. A többcélfüggvényes eset bonyolultabb, mivel az egyes, általában egymással konfliktusban lévő célfüggvények minimumának és maximumának egyidejű meghatározása szükséges. Vizsgáljunk például egy egyszerű kéttámaszú tartót, ahol az egyik minimálandó célfüggvény a tartó súlya, a másik célfüggvény pedig a maximális merevség. Nyilvánvalóan a két célfüggvény egymással konfliktusban van. A többcélfüggvényes optimalási feladat megoldását Pareto fogalmazta meg, ezért szokás Pareto optimumnak nevezni. A definíció szerint akkor beszélünk optimumról, ha egyik célfüggvény értéke sem javítható úgy, hogy legalább egy másik célfüggvény értéke ne romlana. Az optimum tehát nem olyan egyértelmű, mint egycélfüggvényes optimalás esetén, mert alternatív megoldások egész halmazát (Pareto halmaz) jelenti. A végső megoldás csak további kritériumok, feltételek segítségével határozható meg. Összefoglalásként tehát az optimalási problémák leírásához szükséges a változók, feltételek és célfüggvények definiálása.

3. HEURISZTIKUS ALGORITMUSOK ELMÉLETI HÁTTERE

Az optimaláshoz heurisztikus algoritmusokat használtunk, akár nagyon bonyolult, sok bemenő paraméterrel, döntési változóval és feltétellel leírható, többcélfüggvényes optimalási feladatok is eredményesen oldhatók meg segítségükkel. A hagyományos kereső algoritmusokkal szemben a heurisztikus algoritmusok próbálgatással, a korábban megszerzett tapasztalatok felhasználásával jutnak eredményre. Szokás ezért informált kereső eljárásoknak is nevezni őket.

A heurisztika kifejezés a görög „heureszisz” szóból származik, melynek jelentése rátalálás. A heurisztikus algoritmusok nem vizsgálják az összes lehetséges kimenetelt (sok esetben ez egyébként is fizikai képtelenség), csupán a problémátér egy adott részletét.

A heurisztikus algoritmusok hatalmas előnye, hogy nagy bonyolultságú problémák esetében is képesek viszonylag rövid idő alatt, kevés számítás árán eredményt szolgáltatni. Hátrányuk azonban, hogy nem garantálható teljes bizonyossággal az optimális

megoldás megtalálása. Használatukkal tehát sebességet kapunk, azonban cserébe pontatlansággal fizetünk.

A heurisztikus algoritmusok egyik jellemző tulajdonsága, hogy működésüket gyakran sztochasztikus jellemzők befolyásolják. Hatékonyságvizsgálatuk ezért bonyolult feladat, mivel kis túlzással nincs két egyforma futás. Másik jellemző tulajdonságuk, hogy működésük gyakran valamilyen természeti jelenségen alapul.

4. HEURISZTIKUS ALGORITMUSOK GYŰJTEMÉNYE

A heurisztikus algoritmus gyűjtemény C# programozási nyelven lett megvalósítva, jelenleg 15 eljárást tartalmaz. A futódaru főtartó optimalálásával foglalkozó cikkünkben [1] 10 algoritmust már részletesen ismertettünk (Bacterial Foraging Algorithm [BFOA], Bees Algorithm [BA], Cultural Algorithm [CA], Differential Evolution [DE], Harmony Search [HS], Memetic Algorithm [MA], Nelder-Mead Algorithm [NM], Particle Swarm Optimization [PSO], Random Search [RS], Simulated Annealing [SA]). Az alábbiakban a nemrégiben beépített evolúciós (Cross-Entropy Method [CEM]) és négy rajintelligencia (Bat Algorithm [BATA], Cuckoo Search [CS], Firefly Algorithm [FF], Multi-swarm Optimization [MSO]) ismertetjük.

4.1. Bat Algorithm (BATA)

Egy Swarm Intelligence (Rajintelligencia) elven működő eljárás. A rajintelligencia (kollektív intelligencia) módszerek közös tulajdonsága, hogy nagyszámú homogén egyed viselkedésmintáin alapulnak. Az alapelv szerint lehetséges, hogy egy individuális egyed nem képes megoldani adott feladatot, azonban ha nagyszámú egyed csoportot alkot, akkor a csoport kollektív intelligenciája már elég lehet a feladat sikeres megoldásához.

A Bat, vagy magyarul denevér algoritmust Xin-She Yang dolgozta ki 2010-ben különböző mérnöki problémák megoldására. Működési elve szerint a Particle Swarm algoritmushoz hasonlóan rajintelligencia eljárás, a denevérek visszhang alapján való tájékozódását másolja. A denevérek teljes sötétségben is képesek elejteni zsákmányukat, az általuk kibocsátott hang környezetéről való visszaverődése alapján [3].

4.2. Cross-Entropy Method (CEM)

Az algoritmus az evolúciós algoritmusok osztályába tartozik, mely eljárások közös tulajdonsága, hogy Darwin evolúciós elméletén alapul működésük. Ennek megfelelően központi eleme a természetes kiválasztódás, tehát a problémára jobb megoldást adó

egyedek hozhatnak létre új generációt. Az evolúció során számos faj esetében megfigyelhető, hogy a generációváltásokkal az adott környezet kihívásainak egyre inkább megfelelő egyedek jöttek létre. A leszármazott egyed új tulajdonságait a szülők tulajdonságainak keresztezéséből kapta. A Cross-Entropy Method (CEM) algoritmust Rubinstein dolgozta ki 1997-ben, folytonos változójú optimalizációs problémák megoldására, de létezik diszkrét változata is, amivel sikeresen oldották meg többek között az Utazó ügynök problémát, maximum-vágás és klaszterezési feladatokat [4]. A módszer lényege, hogy úgy próbálja a változók értékét variálni, hogy a ritka események nagyobb valószínűséggel következzenek be.

4.3. Cuckoo Search Algorithm (CS)

A Cuckoo Search, vagy magyarul Kakukk keresés algoritmust Xin-She Yang és Suash Deb dolgozta ki 2009-ben különböző mérnöki problémák megoldására [5]. Működési elve a különböző kakukkfélétől származik, ezek a madarak költésparaziták. Idegen, más fajhoz tartozó madarak fészkebe raknak tojást, majd az utódok rendszerint hamarabb kelnek ki, mint a gazdamadár fiókái. A frissen kikelt fióka a többi tojást kilöki a fészkekből, így több élelem jut neki a mostohaszülők egyetlen utódjaként. Az algoritmus működése során minden tojás egy megoldásnak felel meg, a kakukktojás pedig egy új, potenciálisan jobb megoldás. Ha a kakukktojás valóban jobb megoldás, akkor kilök a fészkekből egy sima tojást.

4.4. Firefly Algorithm (FF)

A Firefly, vagy magyarul Szentjánosbogár algoritmust Xin-She Yang dolgozta ki 2009-ben különböző mérnöki problémák megoldására [6]. Működési elve a szentjánosbogár-féléktől ered, mely rovarok speciális fénykibocsátásuk (biolumineszcencia) segítségével találják meg egymást. A keresés nagyon hasonló a Particle Swarm Optimization eljárásához, minél jobb megoldást talál az egyed, annál erősebb fényt bocsájt ki, ami az adott területre vonzza a csoport többi tagját.

4.5. Multi-Swarm Optimization (MSO)

A Multi-Swarm optimization a PSO egy továbbfejlesztése, a fő különbséget az jelenti, hogy a keresést nem egy raj, hanem a felhasználó által meghatározott tetszőleges számú raj végzi [7]. A részecskék új helyzetét a legjobb raj helyzete is befolyásolja, továbbá lehetséges az átjárás a csoportok között.

5. GLOBÁLIS OPTIMUM KERESÉSE MATEMATIKAI TESZTFÜGGVÉNYEK ESETÉBEN

Az optimalizációs problémák sok esetben visszavezethetők folytonos matematikai függvények globális szélsőértékeinek keresésére, ahol a döntési változók a matematikai függvény dimenzióit adják. Vegyük például az egyik legegyszerűbb egyváltozós függvényt, aminek képlete:

$$f(x) = x^2 \quad (1)$$

Az egyetlen döntési változó az x . Tegyük fel, hogy az értéke a $[-5; 5]$ tartományba eső értékeket vehet fel, ezzel egy, a változóra vonatkozó feltételt definiáltunk. Keressük e matematikai függvény globális minimum értékét.

A legtöbbször valószínűleg azonnal meg tudják mondani, hogy a függvény globális minimuma az $x = 0$ pontban van. A globális maximum értékének meghatározása sem jelent nagyobb kihívást, igaz abból mindjárt két darab is van, az $x = -5$ és az $x = 5$ értékeknél. Ha az ember korábban már találkozott ezzel a függvénnyel, akkor hatalmas előnyt élvez akár a leggyorsabb számítógéppel szemben is, nevezetesen, hogy probléma specifikus ismeretekkel rendelkezik a vizsgált függvényt illetően. A számítógépnek a feladat megoldásához kereső algoritmusra van szüksége. Általában egzakt megoldást adó analitikus módszerrel, valamilyen logika szerint megvizsgálja az összes lehetséges megoldást, majd a számítás végén visszaadja az eredményt. Az egyváltozós függvény után tekintsünk egy kétváltozós folytonos függvényt, melynek képlete:

$$f(x, y) = -20 \exp\left(-0.2\sqrt{0.5(x^2 + y^2)}\right) - \exp(0.5(\cos(2\pi x) + \cos(2\pi y))) + 20 + e \quad (2)$$

Ez alapján valószínűleg már kevesebben tudnák azonnal megmondani, hogy a függvénynek hol vannak a globális szélsőértékei. A képlet egy gyakran használt optimalizációs tesztfüggvényt, az Ackley's function függvényt definiálja [8]. Tegyük fel, hogy az x és y döntési változók $[-32,768; 32,768]$ tartományba eső értékeket vehetnek fel. A függvény globális minimuma az $x = 0, y = 0$ pontban található, értéke 0.

Gyakran előfordul, hogy a fentieknél sokkal bonyolultabb matematikai függvények globális szélsőértékeit keressük. A nagyméretű, sokváltozós problémák esetében a hagyományos kereső eljárások csődöt mondanak. A lehetséges megoldások száma túl sok ahhoz, hogy mindegyiket külön megvizsgáljuk. Ebben az esetben nyújtanak segítséget a heurisztikus algoritmusok.

A heurisztikus algoritmusokkal végzett optimalizálás egy igen nehéz és összetett folyamat, a bemenő

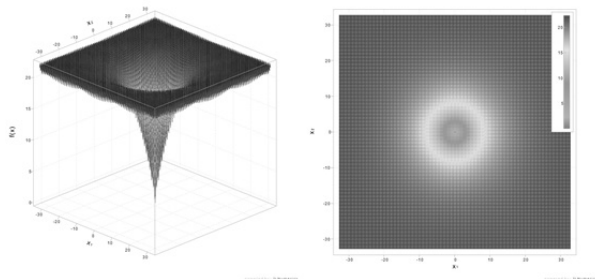
paraméterek, nagyszámú változó és sztochasztikus jellegük gyakorlatilag végtelen variációs lehetőséget jelent. Az eredmények vizsgálatok a sztochasztikus tényező miatt statisztikai módszereket használtunk, minden tesztfüggvény esetében 100 darab Monte Carlo módszerrel végzett futtatás adatait dokumentáltuk. Leállási feltételként a fix iterációs szám mellett döntöttünk. A kétváltozós függvények hatékonyságvizsgálata egy viszonylag kis dimenziós számú probléma, ezért az algoritmusok számára az iterációs határ 500 volt. A bemenő paramétereket a szakirodalomban ajánlott értékek szerint definiáltuk.

Az adatok szemléltetésére konvergencia grafikont használtunk. A konvergencia grafikon mindig a 100 darab Monte Carlo futás során az adott iterációig megtalált legjobb fitness értékek átlagát jeleníti meg, ezzel viszonylag jó képet adva az algoritmusok általános konvergencia sebességéről.

A futásokról statisztikai táblázatot is készítettünk, ami algoritmusonként lebontva, 500 iteráció után, 100 Monte Carlo futás alapján tartalmazza az eredmények (a populáció legjobb fitness értéke) átlagát, a legjobb eredményt, a legrosszabb eredményt, valamint a fitness értékek szórását (standard deviation). A táblázat átfogó képet ad az algoritmusok hatékonyságáról és megbízhatóságáról, hogy mekkora eséllyel találják meg az optimumot.

5.1. Ackley's function (F1)

A kétváltozós Ackley's tesztfüggvény háromdimenziós ábrázolása és szintérképe az 1. ábra látható.

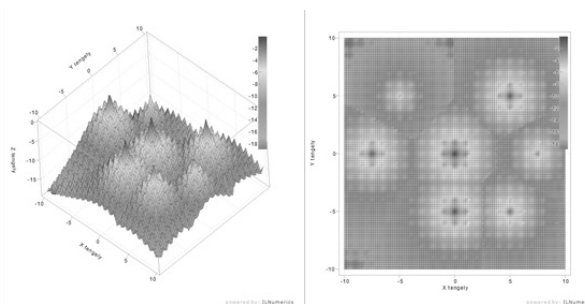


1. ábra: Ackley's tesztfüggvény háromdimenziós ábrázolása és szintérképe (F1)

5.2. Komplex függvény Euklideszi távolságon alapuló súlyozással (F2)

Az algoritmusok hatékonyságvizsgálatához létrehoztunk egy szoftvert, ami ismert tesztfüggvények (alapfüggvények) alapján tetszőleges bonyolultságú tesztfeladatokat képes létrehozni. A szoftver működési elvét Liang, Suganthan és Deb „Novel composition test functions for numerical global optimization” című

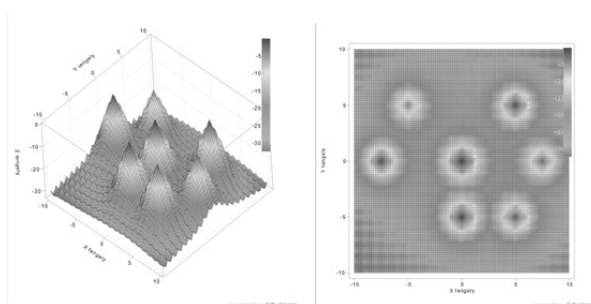
művéből vettük, ami egy újfajta, komplex tesztfüggvények létrehozására szolgáló módszer alapjait ismerteti [9]. A módszer gyakorlati megvalósítására példát a [10] műben találtunk, amiben a szerzők egzakt leírást adnak komplex tesztfüggvények dinamikusan létrehozásához. A szoftver jelenleg háromféle súlyozó függvényt ismer (Euklideszi távolság, Gauss-függvény, Gábor-függvény). Súlyozó függvényre a komplex függvényérték számításakor van szükség. Minél közelebb kerülünk egy alapfüggvény optimum pontjához, az annál nagyobb súllyal szerepel. A Komplex tesztfüggvények globális minimuma az $x = 0$, $y = 0$ pontban található, értéke 0. A kétváltozós Komplex tesztfüggvény Euklideszi távolságon alapuló súlyozással a 2. ábra látható.



2. ábra: Komplex függvény háromdimenziós ábrázolása és szintérképe Euklideszi távolságon alapuló súlyozással (F2)

5.3. Komplex függvény Gauss-függvényen alapuló súlyozással (F3)

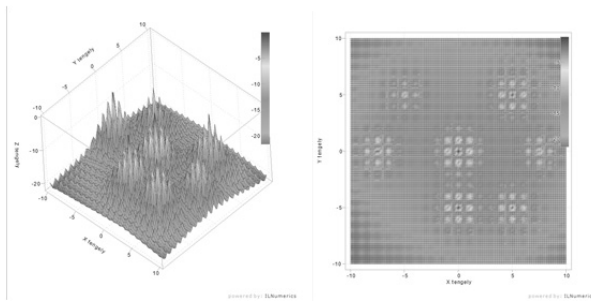
A kétváltozós Komplex tesztfüggvény Gauss-függvényen alapuló súlyozással 3. ábra látható. A Gauss-függvény használatával simább éleket érhetünk el a komplex tesztfüggvény esetében.



3. ábra: Komplex függvény háromdimenziós ábrázolása és szintérképe Gauss-függvényen alapuló súlyozással (F3)

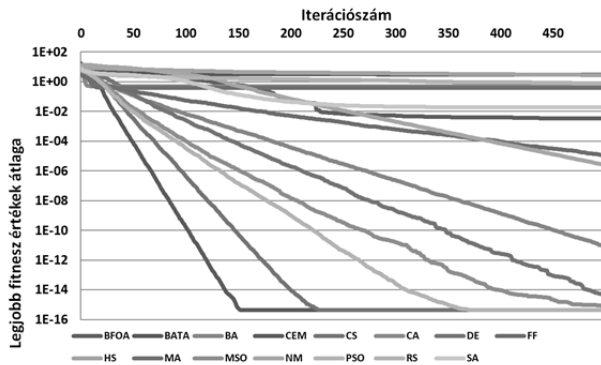
5.4. Komplex függvény Gábor-függvényen alapuló súlyozással (F4)

A kétváltozós Komplex tesztfüggvény Gábor-függvényen alapuló súlyozással a 4. ábra látható. A Gábor-függvény használatával bonyolultabb komplex függvényeket hozhatunk létre, mert a súlyozó függvény zajos jellegű.



4. ábra: Komplex függvény háromdimenziós ábrázolása és szintértéke Gábor-függvényen alapuló súlyozással (F4)

6. AZ EREDMÉNYEK VIZSGÁLATA



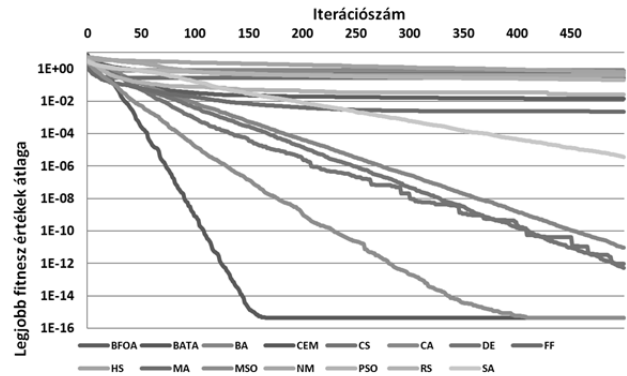
5. ábra: Legjobb fitness értékek átlaga 100 Monte Carlo futás adatai alapján (F1)

1. táblázat: Fitness értékek alakulása 500 iteráció után, 100 Monte Carlo futás adatai alapján (F1)

	Átlag fitness (Mean)	Legjobb fitness	Legrosszabb fitness	Fitness szórás (St. Dev.)	Átlag futási idő [ms]
BFOA	0,003284	0,000541	0,007118	0,001593	28,88
BATA	3,04138	0,000254	12,55774	2,833844	15,34
BA	8,84E-12	1,61E-12	2,24E-11	4,3E-12	24,81
CEM	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	0	143,95
CS	4,21E-15	4,44E-16	1,25E-13	1,32E-14	63,29
CA	0,500321	4,44E-16	6,88414	1,159808	48,54
DE	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	0	17,35
FF	1,08E-05	7,58E-07	2,83E-05	6,15E-06	491,88
HS	2,791707	0,006343	6,884312	1,665716	3,42
MA	0,37983	0,002013	3,512875	0,882168	1954,37
MSO	8,35E-16	4,44E-16	7,55E-15	1,23E-15	52,64
NM	2,52E-06	6,85E-07	6,53E-06	1,21E-06	2,03
PSO	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	0	19,57
RS	0,768881	0,015493	2,272974	0,526217	36,65
SA	0,019018	1,11E-06	1,900706	0,190069	45,29

A tesztfüggvények esetében legfeljebb 10^{-16} pontosság volt elérhető, mivel a .NET keretrendszer néhány általam használt matematikai függvénye (pl. Math.Sin(), Math.Cos(), Math.Exp(), stb.) ennyit tesz lehetővé. Az Ackley's function (F1) esetében a CEM, DE és PSO eljárások bizonyultak a legjobbnak. A lokális optimumok számának növekedésével (F2) A CEM és MSO kiemelkedtek a többi algoritmus közül, a BA, CS és DE nagyjából tudták velük tartani a lépést, a többi eljárás azonban eléggé lemaradt. Ha a

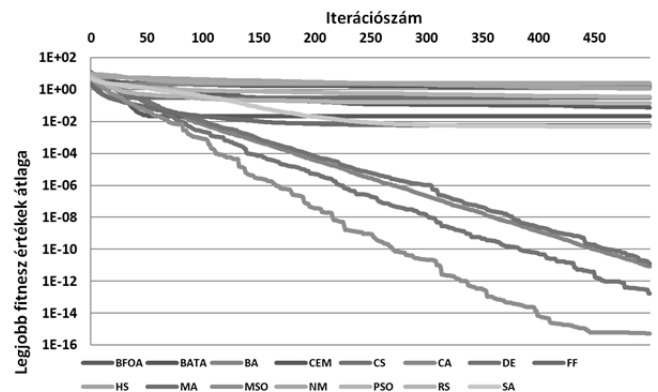
tesztfüggvényt súlyozó függvénnyel zajosítottuk (F3, F4), akkor egyértelműen kiderült az MSO eljárás létjogosultsága. A PSO-hoz képest több raj használata egyértelmű előnyt jelentett a globális optimum felderítése szempontjából.



6. ábra: Legjobb fitness értékek átlaga 100 Monte Carlo futás adatai alapján (F2)

2. táblázat: Fitness értékek alakulása 500 iteráció után, 100 Monte Carlo futás adatai alapján (F2)

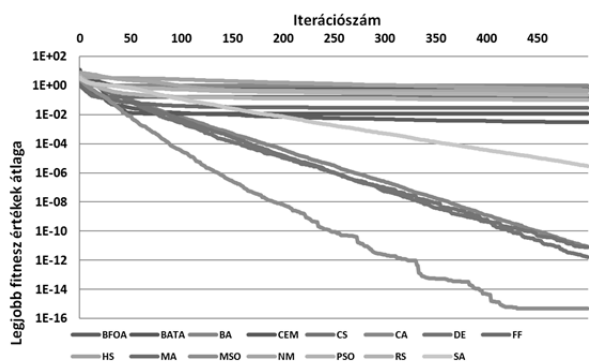
	Átlag fitness (Mean)	Legjobb fitness	Legrosszabb fitness	Fitness szórás (St. Dev.)	Átlag futási idő [ms]
BFOA	0,013692	0,000257	0,505462	0,070438	227,22
BATA	0,559007	0,000186	3,803036	0,788892	85,23
BA	9,29E-12	1,54E-13	2,17E-11	4,55E-12	117,99
CEM	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	0	224,69
CS	5,46E-13	4,44E-16	8,59E-12	1,18E-12	203,49
CA	0,735248	4,44E-16	3,135372	0,887617	135,97
DE	9,71E-13	4,44E-16	7,03E-11	7,43E-12	105,5
FF	0,002287	3,1E-07	0,079827	0,011588	2145,3
HS	0,612692	0,002125	2,87193	0,696436	6,65
MA	0,270109	0,00069	2,175912	0,443973	2904,53
MSO	4,44E-16	4,44E-16	4,44E-16	0	327,76
NM	0,4	1,16E-07	2	0,460566	7,17
PSO	0,025001	4,44E-16	1	0,130558	105,45
RS	0,2049	0,014181	0,556557	0,135328	219,55
SA	3,61E-06	2,61E-07	7,96E-06	1,88E-06	237,76



7. ábra: Legjobb fitness értékek átlaga 100 Monte Carlo futás adatai alapján (F3)

3. táblázat: Fitnessz értékek alakulása 500 iteráció után, 100 Monte Carlo futás adatai alapján (F3)

	Átlag fitnessz (Mean)	Legjobb fitnessz	Legrosszabb fitnessz	Fitnessz szórás (St. Dev.)	Átlag futási idő [ms]
BFOA	0,076815	0,000231	0,63933	0,168965	284,33
BATA	1,40407	0,000163	7,330941	1,816438	112,68
BA	8,51E-12	7,86E-14	2,5E-11	4,42E-12	159,82
CEM	0,02101	4,44E-16	0,5	0,098784	291,42
CS	1,2E-11	4E-15	2,55E-10	3,1E-11	263,77
CA	2,088154	4,44E-16	6,441469	1,969068	180,58
DE	1,65E-13	4,44E-16	9,02E-12	9,72E-13	144,14
FF	0,005606	3,83E-07	0,197582	0,024592	2809,4
HS	1,158764	0,003844	5,473186	1,447596	7,06
MA	0,306188	0,000615	4,689873	0,658486	3502,67
MSO	5,15E-16	4,44E-16	4E-15	5E-16	401,75
NM	2,504176	5,07E-08	7,330936	2,418446	9,69
PSO	0,145003	4,44E-16	1	0,343002	133,55
RS	0,35094	0,024371	0,882359	0,237366	274,84
SA	0,005006	3,09E-07	0,500007	0,05	278,69



8. ábra: Legjobb fitnessz értékek átlaga 100 Monte Carlo futás adatai alapján (F4)

4. táblázat: Fitnessz értékek alakulása 500 iteráció után, 100 Monte Carlo futás adatai alapján (F4)

	Átlag fitnessz (Mean)	Legjobb fitnessz	Legrosszabb fitnessz	Fitnessz szórás (St. Dev.)	Átlag futási idő [ms]
BFOA	0,002931	0,000344	0,0091	0,001666	246,05
BATA	0,595731	9,35E-05	4,500406	0,734037	93,23
BA	8,69E-12	7,18E-13	2,26E-11	4,17E-12	123,02
CEM	0,011858	4,44E-16	0,5	0,071759	243,87
CS	1,64E-12	4,44E-16	3,76E-11	5,59E-12	211,28
CA	1,00155	4,44E-16	4,47836	0,999758	140,32
DE	8,02E-12	4,44E-16	2,3E-10	3,2E-11	116,4
FF	0,029957	3,25E-07	0,256238	0,054979	2344,59
HS	0,495442	0,002075	3,615511	0,652229	6,16
MA	0,165668	0,000612	1,174854	0,330159	3184,65
MSO	4,8E-16	4,44E-16	4E-15	3,55E-16	352,5
NM	0,43	1,82E-07	2	0,466125	7,5
PSO	0,100064	4,44E-16	1	0,30149	113,78
RS	0,223209	0,022458	0,598175	0,130766	224,06
SA	2,92E-06	2,09E-07	9,32E-06	1,69E-06	233,56

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben szakirodalomból vett és saját matematikai testfüggvények szélsőértékét kerestük. Az optimaláshoz egy általunk megvalósított heurisztikus algoritmus gyűjteményt használtunk, amit folyamatosan fejlesztünk. A heurisztikus algoritmus gyűjtemény jelenleg 15 eljárást tartalmaz, amiből öt algoritmust

nemrégiben implementáltunk. A hatékonyságvizsgálat eredményei alapján a CEM, CS, FF és legfőképpen az MSO eljárások teljes mértékben beváltották a hozzájuk fűzött reményeket. A pozitív tapasztalatok alapján a jövőben folyamatosan szeretnénk bővíteni az elérhető heurisztikus algoritmusokat számát.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg. A kutató munka részben a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében valósult meg, valamint az OTKA T 109860 projekt támogatásával.

9. IRODALOM

- [1] MARCSÁK G. Z. és JÁRMAI K.: Futódaru főtartó szerkezetoptimalása heurisztikus algoritmusok segítségével, GÉP: A Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, ISSN 0016-8572, 2014/1. pp. 39-44
- [2] MICHELL, A. G. M.: The limits of economy of material in frame-structures, Philosophical Magazine, Vol. 8(47), 1904. pp. 589-597
- [3] YANG X.-S.: A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm, Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NISCO 2010), (Eds. J. R. Gonzalez et al.), Studies in Computational Intelligence, Springer Berlin, Springer, 2010. pp. 65-74
- [4] RUBINSTEIN R. Y.: Optimization of computer simulation models with rare events. European Journal of Operations Research, 99, 1997. pp. 89-112.
- [5] YANG X. S., DEB S.: Cuckoo search via Levy flights, Proc. of World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC 2009), December 2009, India. IEEE Publications, 2009. pp. 210-214.
- [6] YANG X. S.: Firefly algorithms for multimodal optimization. Stochastic Algorithms: Foundations and Applications, SAGA 2009. Lecture Notes in Computer Sciences 5792. pp. 169-178.
- [7] Zhao S. Z., Liang J. J., Suganthan P. N., és Tasgetiren M. F.: Dynamic Multi-Swarm Particle Swarm Optimizer with Local Search for Large Scale Global Optimization, in Proceedings IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2008. pp. 3845-3852.
- [8] MOLGA M., SMUTNICKI C.: Test functions for optimization needs, 2005, <http://www.zsd.ict.pwr.wroc.pl/files/docs/functions.pdf>
- [9] LIANG J., SUGANTHAN N., DEB K.: Novel composition test functions for numerical global optimization, Swarm Intelligence Symposium, SIS 2005. Proceedings IEEE, 2005. pp. 68-75
- [10] BARCSÁK CS., JÁRMAI K.: Benchmark for testing evolutionary algorithms, 10th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization, May 19 -24, 2013, Orlando, Florida, USA

Internetes hivatkozások ellenőrizve: 2014. 05. 16.

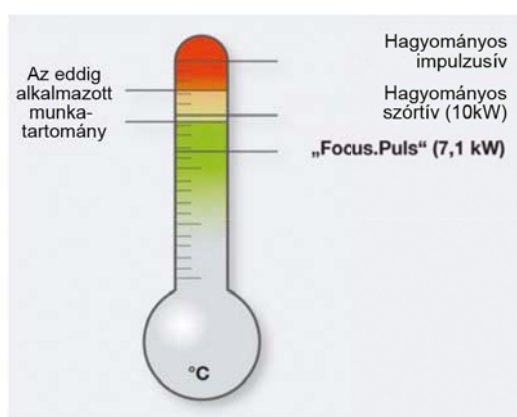
SZEMLÉLETVÁLTÁS AZ ACÉLOK HEGESZTÉSÉBEN

A SPECIÁLISAN SZERKEZETI ACÉLOKHOZ FEJLESZTETT IMPULZUSÍV FOKOZZA A GAZDASÁGOSSÁGOT

Szerkezeti acélok hegesztésekor az anyagba bevitt hő mennyisége döntő tényező. Emiatt ezen alapanyagok hegesztése eddig nem volt gazdaságosan kivitelezhető impulzusívvel. Az impulzusív általi magas hőbevitel miatt jelentősen csökkenteni kellett a teljesítményt. Ez azonban döntő hatással volt a hegesztési sebesség csökkenésére, így szerkezeti acélok esetén, mindaddig egyértelműen a hagyományos szórtívet részesítettük előnyben.

Az új **MEGA.PULS FOCUS MIG/MAG** impulzusív berendezéssel a REHM most bemutatja a „**Focus.Puls**” eljárásváltozatot – kifejezetten szerkezeti acélokhöz fejlesztve. A FOCUS impulzusív jelentősen csökkentett szakaszenégiával párosul. Az alacsony energiaszint következtében pedig a füstképződés jelentősen csökken.

	Hagyományos szórtív	REHM Focus.Puls
Beállítások		
Huzalátmérő	1,2 mm	1,2 mm
Huzalelőtolási sebesség	10 m/min	10 m/min
Feszültség	30,7 Volt	27 Volt
Áramerősség	322 Amper	265 Amper
Eredmény		
Sarokvarrat "a"-méret	5 mm	5 mm
Ívteljesítmény	Volt x Amper : 10 kW	Volt x Amper : 7,1 kW
Hőbevitel	100 %	71 %



1. ábra: hagyományos szórtív és a „Focus.Puls“-impulzusív összehasonlítása

A 10-14 m/perc huzalelőtolási sebességtartományban végzett ívhegesztésnél ($\varnothing 1,2$ mm Fe 82/18 ArCO₂) a hegesztési feladatokhoz előírt „a”-méretek nehezen betarthatók. Ennek gyakran a nagyobb ívhossz az oka, amelynek hatására a magas hőmérsékletű ömledék nehezen uralható, és ennek következtében a hegesztő automatikusan csökkenti a sebességet. Az eredmény a túl nagy hőbevitel, szükségtelenül nagy leolvasztott anyagmennyiség és hosszabb hegesztési idő.

A „Focus.Puls“-eljárásnál nagyon rövid ív jön létre, amelynek segítségével az ömledék nagy hegesztési sebesség esetén is kiválóan kézben tartható marad. Ezáltal a hegesztő sokkal könnyebben tudja tartani az előírt „a”-méretet, és biztos lehet mind a gyök mind a szegélyek megfelelő beolvadásában. Az eljárás során a csökkentett hőbevitel ellenére a hegesztési sebesség megnő. Gyakorlati tesztek kimutatták, hogy a **Focus.Puls** a hagyományos szórtíves eljárásokhoz képest, ugyanolyan

huzalelőtolási érték mellett akár 15%-kal gyorsabb hegesztést tesz lehetővé.

A TARAJOSODÁS JELENSÉGE MINT AZ ÍVSTABILITÁS MUTATÓJA

A REHM-nél a különböző áramforrások és hegesztési eljárásváltozatok ívstabilitásának vizsgálatánál a tarajosodási jelenséget használtuk fel. Az említett jelenség akkor lép fel, amikor állandó huzalelőtolási sebesség mellett egyre gyorsabban haladunk, és ezáltal az ívet a stabilitása határáig terheljük. Az ömledékben az ívtalppont nem képes követni a megnövekedett sebességet, az ív elhajlik, majd ugrászerűen egy másik pontban képződik újra. Ezen folyamat szakaszos váltakozásának következtében hol anyaghiány, hol anyagföllet lép fel, ez az ún. tarajosodás. Amíg nem lép fel a tarajosodási jelenség, addig növelhető a hegesztési sebesség, megjelenése pedig kijelöli az adott gép, illetve eljárásváltozat hegesztési sebességének felső határát.



„FOCUS.PULS“: A TARAJOSODÁSI-TESTZT GYŐZTESE

A REHM tarajosodási-tesztjén az új **Focus.Puls** eljárást összehasonlítottuk más, az iparban használt impulzusív berendezéssel. Azonos huzalelőtolási sebességek beállítása mellett, a versenytársnál már 2,1 m/perc hegesztési sebesség esetén is fellépett az előzőekben említett instabilitás. A **Focus.Puls** ezzel szemben a 3,8 m/perc hegesztési sebességet is elérte – mindezt úgy, hogy közben nem lépett fel tarajosodás. Ezt a gyors UI-szabályozás és a nagyon rövid, erősen koncentrált impulzusív tette lehetővé. Az ív fókuszálásának következtében képes a felhasználó számára a szükséges stabilitást nyújtani hegesztés közben. Ennek a stabilitásnak köszönhetően a hegesztő nem csak biztosabban, de gyorsabban is dolgozhat, illetve az iránystabil ívnek köszönhetően a nehezen hozzáférhető helyeken (pl.: hegyesszögű sarokvarratok, csökkentett szögű leélezések, keskeny rések stb.) is előnyt jelent. A stabilitásnak és az elérhető rendkívül magas hegesztési sebességnek ezen kombinációja jelenleg egyedülálló a hegesztőgépek piacán.



2. ábra: Orrhosszal győz a tarajosodási-teszten: a **Focus.Puls**

30%-KAL ALACSONYABB ENERGIAFELHASZNÁLÁS

A hegesztő tevékenységet folytató vállalkozások egyik jelentős költségtényezője az évről évre folyamatosan növekvő energiaköltség. A **Focus.Puls** innovatív technológiája ezen a téren is megoldást kínál. A **Focus.Puls** használatával a hegesztő változatlan huzalelőtolási sebesség mellett akár 30%-kal alacsonyabb teljesítménnyel dolgozhat, ami a felhasznált energiamentiségben is 30% körüli megtakarítást jelent.

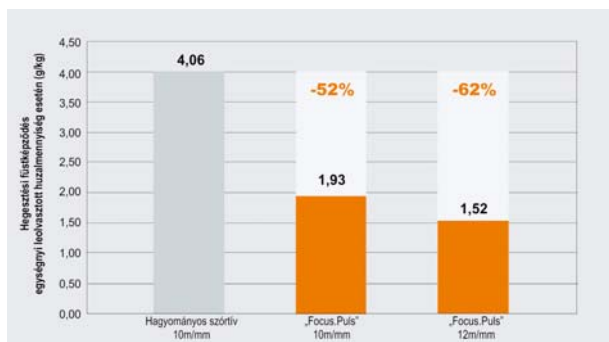
Évi 2500 kg hegesztőhuzal-felhasználással, 5 mm-es „a”-mérettel és 20 Cent/KWh energiaárral számolva, a **hagyományos szórtív** használata mellett, az energiafelhasználás éves költsége **927,-€**-ra rúg. A **Focus.Puls** impulzusív használatával, azonos körülmények között az előbbi költség **668,-€**-ra csökken, ami pedig évi **259,-€** megtakarítást jelent munkahelyenként.

Amikor a hegesztési feladat megengedi, a felhasználó akár 30%-kal gyorsabban is hegeszthet, miközben az energiaigény nem magasabb, mint hagyományos szórtív esetén.

AKÁR 60%-KAL KEVESEBB FÜSTKÉPZŐDÉS

Az alacsonyabb hőbevitel, nagyobb hegesztési sebesség, jobb iránystabilitás és a jelentősen csökkentett energiafelhasználás mellett a **REHM MEGA.PULS FOCUS** géppel végzett munka során még egy döntő jelentőségű előnyt tapasztalhatunk: ez pedig a **képződő füst mennyiségének jelentős csökkenése**, melyet az aacheni Kötéstechnológiák Fejlesztési Intézete tudományos módszerekkel is bizonyított. A jelentősen kevesebb károsanyag-kibocsátás nem csak a környezet védelmének szem-

pontjából előnyös, hanem első sorban a hegesztő egészségi állapotának megővése miatt kiemelt fontosságú. Ahogyan az a diagramon (3. ábra) látható, a **Focus.Puls** eljárásnál a hagyományos szórtíves eljárásokhoz viszonyítva – azonos huzalelőtolás mellett – több, mint 50%-kal kevesebb füst képződik, míg 12m/perc-re növelt huzalelőtolási sebéségnél már akár több, mint 60%-os különbséget is tapasztalhatunk.



3. ábra: hegesztési füst kibocsátás összehasonlítása hagyományos szórtív és **Focus.Puls** használata esetén

Forrás: a Kötéstechnológiák Fejlesztési Intézete összehasonlító tanulmánya, Aachen 07/2013

PÉLDA A GYAKORLATBÓL

SZERKEZETI ACÉLOK GAZDASÁGOSABB ÉS GYORSABB HEGESZTÉSE MEGA.PULS FOCUS-SZAL

A neuensteini székhelyű Greiner GmbH, járműtechnikai fejlesztő vállalkozás három hónapon át végezte az új **MEGA.PULS FOCUS** összehasonlító elemzését a konkurens gépekkel, beleértve az általuk a mindennapi gyakorlatban alkalmazott REHM RP 562-t is. A vizsgálat középpontjában a **Focus.Puls** hegesztési eljárásváltozat állt.

Az eredmény: azonos huzalelőtolási sebesség mellett a Greiner hegesztői a **MEGA.PULS FOCUS**-szal nagyjából 15%-kal gyorsabban tudták a munkájukat végezni, mint előtte, és probléma nélkül tudták alkalmazni a nagyobb huzalelőtolási sebességet. Az ívstabilitás, amelyet a **Focus.Puls** már a tarajosodási-teszt során bizonyított, a helyszíni alkalmazás során is megállapítást nyert. Az erősen koncentrált ívnek köszönhetően a hegesztők nem tapasztaltak ingadozást a varrat minőségében, és a korábban – a biztonság érdekében – megnövelt „a”-méretet is tudták csökkenteni. Mindennek eredményeképpen jelentősen gyorsabban tudtak dolgozni, ráadásul a varrat környezetében kialakuló hőhatásövezet is kb. 20%-kal csökkent a hagyományos szórtív alkalmazásához viszonyítva.

A Greiner GmbH egy patinás családi vállalkozás, amely évente kb. 2.500 kg acélhuzalt fogyaszt hegesztőgépenként. Csupán a huzalelőtolási sebesség 12,5-ről 14 m/perc-re növelésének köszönhetően munkahelyenként évi **2.066,-€**-t takarítanak meg. Az energia- és anyagfelhasználásból eredő megtakarításokkal együtt a Greiner GmbH hegesztő munkahelyenként évente több, mint **2.700,-€**-val csökkentheti költségeit, és ezáltal kb. 15%-kal növelheti a hegesztés termelékenységét.



4. ábra: A teherkiegyenlítő ollóemelő szállítóhid alkalmazható áthidaló főtartóként az önhordó transzformátorok szállításánál, vagy hosszartó rendszerként az elemes építési mód áthidaló szerkezeteihez.



5. ábra: a Greiner GmbH cég impozáns 500 t-ás kombinált ollóemelő szállítóhídja



2014. május 27-30. között a HUNGEXPO Budapesti Vásárközpontban

Az új koncepció lépéseit követve **IPAR NAPJAI 2014** néven a Hungexpo Zrt. megszervezi Magyarország **legátfogóbb ipari szakkiállítását**, amely **egy időben, egy helyen ad lehetőséget minden ipari szegmens feltérképezésére.**

RÉSZTVEVŐK:

12 ország több mint 250 kiállítója várja a látogatókat a HUNGEXPO Budapesti Vásárközpont A pavilonjában.

A kiállításon nem csak törzskiállítók és új üzletfelek vesznek részt, de visszatérők is, a kiállítás nemzetköziségét pedig a tajvani és a német kollektív standok erősítik majd.

Jelen lesznek a rendezvényen szép számban a multinacionális nagyvállalatok, valamint a hazai középvállalkozások és kisvállalkozások egyaránt.

TERVEZETT PROGRAMOK:

- Magyar Gumiipari Szövetség közgyűlése és szakmai konferenciája „A gumiipar aktuális környezetvédelmi feladatai, problémái” címmel
- Magyar Gépipari és Energetikai Országos Szövetség Közgyűlése és szakmai konferenciája
- Magyar Ipari Karbantartók Szövetségének szakmai konferenciája „Erősítse versenyképességét a karbantartás és a japán módszerek segítségével” címmel
- Nemzeti Munkaügyi Hivatal munkavédelmi konferenciája
- A Magyar Kereskedelmi és Iparkamara jármű- és gépipari beszállítói fórumot szervez „Magyarország újraiparosítása” címmel a Nemzeti Külgazdasági Hivatallal (HITA), és kiemelt szakmai partnereivel (MGSZ, MAJOSZ, AIPA, HBK) együttműködve
- ContiTech szakmai fórum
- Gépipari Tudományos Egyesület szakmai előadásai
- Application Zone - Gyakorlati bemutató - az ötlettől a végtermékig nyomon követhető a gyártás folyamata a helyszínen

- kiállítói előadások a fórumszínpadon (többek között Amsy Jelöléstechnika, CAD-ART kft., CAD-Terv Mérnöki Kft., KRL Kontrol Kft., ThyssenKrupp Ferroglobus Zrt.)
- EDU-POINT (egyetemek bemutatkozója)

ÚJDONSÁGOK:

A bejelentkezett kiállítók számos újdonsággal várják az érdeklődőket. A teljesség igénye nélkül – ízelítő az innovációkból:

Többek között az **ABB Kft.** áll elő újdonságával, az ABB Force Control (FC) – Erőmérő cellával, melynek 3 megújuló tényezője (grafikus programozói felület, nyomtatékszabályozás és sebesség szabályozás) más, hatékonyabb dimenzióba helyezi a megmunkálást.

Az Ipar 4.0 projekt célja, hogy a gyártást kommunikációval és információkkal rugalmasabbá, hatékonyabbá és fenntarthatóbbá tegye, ily módon növelve az ipar versenyképességét. A negyedik ipari forradalom megvalósításához a **Beckhoff** PC-alapú irányítástechnikája nyújtja az ideális eszköztárat, melyet működés közben láthatnak az érdeklődők a cég standján.

A **B&K Components Kft.** kiállítási újdonsága a VIBROPORT 80 rezgésmérő, mely megkönnyíti a gépdiagnosztikát, hiszen professzionális műszer az üzemidő optimalizálására.

A **Com-Forth Kft.** jóvoltából megtudhatják majd látogatóink, hogy mi is az a groov, az **IMI International Kft. Norgren Divízió** bemutatja, hogy mire jó egy IVAC henger, az **INS Ipari Alkalmazások Zrt.** pedig, hogy mitől jobb az új TORNADO® T-2-es típusú forgódugattyús szivattyúja, mint az előző verzió.

A **Ge-Co Hungary Kft.** elhozza a kiállításra 3D-s nyomtatóját, mely forradalmian új megoldást kínál a fejlesztési idő csökkentésére a tervezéstől a szerszámkészítésig ter-

jedő folyamatban, míg a **KEMATECHNIK Mérnökiroda Kft.** a látogatók elé tárja az új gyorskoptató technológiát: a gépek egy nagy sebességű, örvénylő mozgást hoznak létre a koptató testekben, ezáltal egy sokkal hatékonyabb súrlódási erő jön létre a vibrációs gépekhez képest, így rövidül le a feldolgozáshoz szükséges idő.

Szintén az „időspórolásban” segítenek a **KRL Kontrol Kft.** által gyártott FOT típusú fázisjavító berendezések, melyek bekapcsolási ideje akár <20ms. is lehet, a **tesa tape Kft.** pedig új megoldást mutat tesa® ACXplus kétoldalas ragasztószalagjával az iparban felmerülő, nagy kihívást jelentő, tartós ragasztási igények kielégítésére.

A **Huntraco Zrt.** által forgalmazott, a rendezvényen bemutatott Caterpillar® legkorszerűbb CG típusjelű biogáz- és földgáz motorjai magas villamos hatásfokúak (42 - 43%), alacsony üzemeltetési költségűek, rendkívül megbízhatók, hálózat kimaradásnál szigetüzemben tovább működnek, komplex irányítási rendszerrel rendelkeznek az egész erőműre.

A **Jungheinrich Hungária Kft.** elhozza az új EKS APM 210a típusú új automata raklapmozgatóját, melyet a látogatók élőben tekinthetnek majd meg a Német-Magyar Ipari és Kereskedelmi Kamara standján.

Az **UniCredit Bank Hungary Zrt.**-nél 2014. január 1-jétől a nemzetközi ügyfelek igényeihez igazodó új ügyfél-kiszolgálási modell került bevezetésre a vállalati és befektetési banki divízióban, melynek célja, hogy az ügyfélkör speciális nyelvi, kulturális, termék- és szolgáltatásigényeit még magasabb színvonalon tudják kielégíteni az ügyfél elégedettség emelése, az ügyfélpotenciál jobb kihasználása érdekében. Többek között erről is adnak majd részletes felvilágosítást az Ipar napjain.

NAGYDÍJ pályázat:

A hagyományokhoz híven, idén is meghirdettük a NAGYDÍJ pályázatot. A beküldött pályamunkákat egy szakemberekből álló zsűri bírálta el, és NAGYDÍJ-jal vagy KÜLÖNDÍJ-jal tüntette ki az arra érdemes pályázatokat. A nyertesek:

KRL KONTROL Kft.
AKTÍV FELHARMONIKUS SZŰRŐ

LAXUM Kft.
SOLDAMATIC KITERJESZTETT VALÓSÁGGAL MŰKÖDŐ HEGESZTÉSOKTATÓ SZIMULÁTOR

WERTH MAGYARORSZÁG Kft.
HANDYSCAN 700 NAGYSEBESSÉGŰ ÉS NAGYPONTOSSÁGÚ 3D LÉZERSZKENNER BERENDEZÉS

KÜLÖNDÍJ „A LEGJOBB INNOVÁCIÓ TARTALOM” bemutatásáért:

FRANKE BEARINGS HUNGARY Kft.
FRANKE DRÓTCSAPÁGYBA INTEGRÁLT VILLANYMOTOR

Az ünnepélyes díjátadó a kiállítás megnyitójának keretében történik majd, 2014. május 27-én 9:30-tól a Hungexpo Budapesti Vásárcsopont 25-ös pavilonjában.

ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓ és LÁTOGATÓI REGISZTRÁCIÓ:

Időpont: 2014. május 27-30.

Nyitva tartás: 9-17 óráig

Helyszín: HUNGEXPO Budapesti Vásárcsopont, A pavilon

Bejárat: I., III. kapu

Parkolás:
P5 és P3 belső parkoló: 1200.-/nap

Regisztráció: a honlapon látogatói regisztráció működik az ingyenes belépésért <http://iparnapjai.hu/regisztracio>

Bővebb információ, részletes program, újdonságok: www.iparnapjai.hu

NAGYDÍJ:  

HUNGEXPO: Az IPAR NAPJAI

GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FÓRUM
2014. május 28-án 14:30-17:00-ig

ÚJ HORIZONTOK FELÉ: „MANUFUTURE, HORIZON 2020” az „A” pavilon „Fórum” Színpadán

KEZDÉS:

- 14:30 **Megnyitó: Dr. Takács János GTE**
- 14:40 **Erdős Gábor, Kardos Csaba, Kemény Zsolt, Kovács András és Váncza József:**
„Lézeres távhegesztés robot alkalmazásával az autóiparban”
Fraunhofer Projektközpont MTA SZTAKI; BME Gyártástudomány és - Technológia Tanszék
- 15:00 **Bauernhuber Andor, Dr. Markovits Tamás, Dr. Takács János:**
Polimer - fém hibrid kötés kialakítása lézersugárral; BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszék
- 15:20 **Molnár László:**
Nagy teljesítménysűrűségű lézersugaras megmunkálások az EDUTUS Főiskolán
- 15:40 **Insperger Tamás, Bachrathy Dániel, Dombovári Zoltán, Stépán Gábor:**
Forgácsolási folyamatok dinamikája: ipari esettanulmányok; BME Műszaki Mechanika Tanszék
- 16:00 **Dr. Stépán Gábor, Tóth András:**
Stabilitás szigetek: teljesítőképesség fordulat a megmunkálásban - felderítő kutatás az Európai Kutatási Tanács támogatásával (ERC AdG projekt) BME Gépészmérnöki Kar
- 16:20 **Szammer István:**
Üzletfejlesztés megbízható céginformációk támogatásával TRIVERO Kft.
- 16:30 **Szilanus szoftverház:**
Az informatikai méretszabóság ajánlata a Szilanus ERP-Moduláris integrált vállalatirányítási rendszer
- 16:45 **Dr. Haidegger Géza:**
Smart technológiai ötletekre építsük jövőbeli termékeinket és szolgáltatásainkat MTA SZTAKI.
- 16:55 Zárszó: **Dr. Takács János** GTE Elnök

CONTENTS

1. István Ecsedi, Attila Baksa

TORSION OF THIN-WALLED BEAM OF CLOSE SECTION WITH NON-PERFECT CONNECTIONS 5

The object of this paper is the uniform torsion of thin-walled beam of closed profile. The thin-walled closed cross section is built from several open cross sections whose connections are not perfect. The connection of beam components in axial direction permits slippage. The axially slip is proportional to the shear flow.

2. Sándor Hajdú, Dr. Tibor Czibere, Dr. László Kalmár

OPTIMAL SIZE RATIOS OF BANKI TURBINE RUNNER 9

The present paper concentrates to the optimization of size ratios of the runner in order to reach the best efficiency operation of the turbine. The paper gives an overview of the design data that affect the conditions at the outlet regarding angular momentum. The diagrams of practical use show the ranges of numerical values of the optimal data that correspond to each other with regard to the optimization for an angular momentum-free outlet.

3. Péter Barkóczy, Péter Koszty, Csaba Hoó

ENHANCE THE PROPERTIES OF THE CONTACT WIRES WITH SURFACE TREATMENT 13

During an overload the heat developing in the conductor depends on the electrical resistivity of the conductor and the heat emission of the surface. It is known that the old oxidized contact wire is more resistant from the overloads than the new conductors. This better resistivity is due to the higher heat emissivity of the oxidized surface. Another advantage of the better emissivity that the frozen ice and rime can be easily removed from the surface of the contact wire.

4. Gábor Zoltán Marcsák, Prof. Dr. Károly Jármai

BENCHMARKING HEURISTIC ALGORITHMS WITH TEST FUNCTIONS CREATED BY US 20

In this paper, the authors would like to summarize their latest results regarding the heuristic algorithm collection, particularly the novel evolutionary and swarm intelligence methods they use. This collection of evolutionary methods contains 15 algorithms. These algorithms are able to optimize very complex functions.

5.

NEW APPROACH TO STEEL WELDING 26

At the welding of structural steel materials the amount of heat is an important factor. Because of these the welding of these parent materials was not economical with impulse arc. By the high heat input of the impulse arc, the efficiency had to be reduced significantly. However, this has a decisive impact on the welding speed loss, so in case of structural steels the scattered arc is used.

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. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Szűcs Edit

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Zobory István

INDUSTRY DAYS

27-30. may 2014.

HUNGEXPO Budapest Fair Center

Following the steps of the new conception we are organizing the most comprehensive industrial fair trade of Hungary which provides the possibility to present all the industrial segments at one place and time under the name INDUSTRY DAYS 2014.

Not only the core exhibitors and new partners are taking part in the exhibition but the visitors will be able to welcome returning companies. The internationality of the exhibition is strengthened by the taiwan and german collective stands Also multinational, small and medium-sized enterprises are presenting themselves on the event.

On the INDUSTRY DAYS exhibition companies will present themselves in the following segments: industrial automation, metrology, robotics, plastic part industry, surface treatment, hydraulic and pneumatic solutions, machine tool production, metalworking, safety at work, assembly technology, bonding devices, comprehensive logistical solutions.

The highlighted thematics and sections of the whole exhibition are the following:

- INDUSTRIAUTOMATION (industrial electronics, electrical engineering, automation)
- ENERGEXPO (energetics)
- FLUIDTECH (fluidtechnics: pneumatics, hydraulics, pumps, compressors, sealing technology)
- SUBCON (supply industry, metal processing)
- MACH&WELD (mechanical engineering, welding technology, robotics)
- CHEMTECH (vegyipar, műanyagipar, gumiipar)
- SECUTECH-VÉDTECH (safety at work, fire protection, security technology)
- LOGEXPO (industrial logistics)

Professional programs connected to the exhibition.

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 Publisher: Dr. Igaz Jenő Managing Director

<http://www.gepujsag.hu>
Printed by Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67.
Price per month: 1260 Ft.
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

All articles are peer reviewed.

A legjobb hordozható optikai szkennerek

Az új generáció

CREAFORM



GO!DTM
SCAN M



HANDY
SCAN 3D



Werth Magyarország Kft.
2200 Monor, Zólyom u. 80/b.
Tel: 06/29-611-021, Fax: 06/29-611-022,
Web: www.werth.hu, E-mail: info@werth.hu

AMETEK[®]

**RIGHT HERE
RIGHT NOW!**
2014



MEGA.PULS FOCUS

30% nagyobb termelékenység
30% kevesebb füst
30% kevesebb energia

3X30% haszon

REHM[®]
Welding Technology

A MEGA.PULS FOCUS
több, mint gyors!

