

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA

Fejlődés van.



IPAR NAPJAI



2016. május 24-27.

 **hungexpokiállítás**
programod van

**MAGYARORSZÁG ELSŐSZÁMÚ IPARI TALÁLKOZÓHELYÉN
MULTINACIONÁLIS CÉGEK, KIS- ÉS KÖZÉPVÁLLALATOK EGY
IDŐBEN, EGY HELYEN VESZNEK RÉSZT:**

IPAR NAPJAI

a HUNGEXPO Budapesti Vásárcsúszpontban.

Az IPAR NAPJAI Nemzetközi ipari szakkiállítás évről évre teret ad az ipari ágazatok, az egyedülálló innovációk bemutatkozására, valamint az üzleti kapcsolatépítésre.

Kiemelt téma: Ipar 4.0

A rendezvényt magas színvonalú szakmai programok kísérik.

Bővebb információ: www.iparnapjai.hu

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

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

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczöni Ádám
elnök

Vesza József
főszerkesztő

Dr. Jármai Károly
Dr. Péter József
Dr. Szabó Szilárd
főszerkesztő-helyettesek

Dr. Barkóczi 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. Tímár Imre
Dr. Tóth László
Dr. Zobory István

Tisztelt Olvasó!

2010-ben alakult a 4-es Kiválósági Központ a Miskolci Egyetemen, jelenlegi nevén *Innovatív Járműipari, Gépészeti, Energetikai Tervezés és Technológiák* Kiválósági Központ a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával. A központ célja a kutatási potenciál fejlesztése olyan kutatásokkal, amelyek innovatív modellezést, tervezést és technológiai folyamatokat valósítanak meg, összhangban az Európai Unió azon törekvésével, amely az innováció serkentésére, a hatékonyabb környezetbarát technológiák alkalmazására, fejlesztésére irányul.

A Kiválósági Központ hét tudományos műhelyre tagozódik, melyek egy-egy intézet köré szerveződnek. Ezek a következők: Anyagszerkezettani és Anyagtechnológiai, Gyártástudományi, Energetikai és Vegyipari Gépészeti, Gép- és Terméktervezési, valamint a Műszaki Mechanikai Intézet. Az itt dolgozó oktatók BSc, MSc és doktorandusz hallgatókat is bevontak, illetve bevonnak a kutatásokba, amelyek így jó lehetőséget biztosítanak arra, hogy a fiatalok megismerkedjenek a tudományos munkával. A hatodik éve működő központ programjához kapcsolódva nem egy hallgató nyújtott már kiemelkedő teljesítményt, illetve készített színvonalas TDK dolgozatot, PhD értekezést.

Az egyes tudományos műhelyek témái nagyon sokrétűek, interdiszciplináris jellegűek, sokszor még egy adott témán belül is. A tervezés témakörében olyan tervezési, modellező eljárásokat fejlesztettek ki, amelyek hatékonyabban és megbízhatóbban modellezik a szerkezeteket és jelenségeket, jobb tervezési megoldásokat adnak. Foglalkoztak szerkezetek és rendszerek optimális méretezésével. Vizsgálták a termékéletpályát, a műszaki rendszerek hajtáslánc felépítését, a környezettudatos elvekhez és az alternatív üzemanyag használatához is kapcsolódó kutatásokat, valamint áramlás és hőtechnikai laboratóriumi és numerikus modellezéshez is számos kutatás kötődött. A gépészeti technológiák területén a környezetbarát, szerves vegyipari, illetve a folyamatos technológiák vizsgálata és energiaracionálizálás történt. Jelentősek a professzionális mechanikai anyagvizsgálatok, valamint a számítógéppel segített technológiai folyamattervezés és modellezés, valamint a befejező precíziós megmunkálások, és a nagyszilárdságú acélok hegesztése területén elért eredmények is.

A Kiválósági Központ szakmai repertoárjából ebben a folyóirat számban két Tudományos Műhely cikkei kaptak helyet:

4.6. Mérnöki tartó- és vázszerkezetek optimális méretezése tudományos műhely
Vezető: Dr. Jármai Károly egy.tanár,
Helyettes: Dr. Virág Zoltán egy. docens.

4.7. Innovatív környezetbarát technológiák fejlesztése, energiahatékonyság és biztonság növelése tudományos műhely
Vezető: Dr. Siménfalvi Zoltán egy. docens,
Helyettes: Dr. Szepesi L. Gábor egy. docens.

A két Tudományos Műhelyen belüli munka nagyon szerteágazó. Néhány közülük az alapkutatásokhoz közelít, míg mások inkább a gyakorlatban alkalmazhatók, egyesek már most látványos eredményt hoztak, mások távlati eredményekkel kecsegtetnek. Annak érdekében, hogy ezeket az eredményeket a szakmai közönség is megismerhesse, a műhely kutatói jelentős számú publikációt készítettek el és jelentettek meg hazai és külföldi konferenciákon, hazai és külföldi szakmai folyóiratokban. Természetesen az oktatásba is beépítésre kerülnek az eredmények. Ez a cikkgyűjtemény is ezt a célt szolgálja, bemutatva a Kiválósági Központ két Tudományos Műhelyének legújabb tudományos eredményeit.

Prof. Dr. Jármai Károly
Stratégiai és fejlesztési rektorhelyettes, a Kiválósági Központ vezetője

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

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

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

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

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

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

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

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

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu, faxon: 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. Bodnár István, Plásztán Bence

Fás szárú biomasszák pirolitikus hasznosításának

termokinetikai modellezése..... 5

A termokinetikai modellvizsgálatok azt az eredményt hozták, hogy a fás szárú biomassza pirolízissel történő hasznosítás során a nedvességtartalom növekedése a fajlagos energiakihozatal, a kémiai hatásokot és a fajlagos fagáztermelést pozitív irányba változtatja. A nagyobb nedvességtartalom nagyobb energiataralmú és mennyiségű fagázt eredményez. A pirolízis olaj és a pirokoks mennyisége a nedvességtartalommal fordított arányban áll.

2. Dr. Farkas József, Dr. Jármai Károly

Szekrényszelvényű daruhíd

méretezése költségminimumra 13

A futódaruhiid számítását MathCAD programmal végeztük. Mivel a hegesztési költségek a gerinclemez vastagságától függenek, e vastagság csökkentésével, vagyis a gerinclemez magasság csökkentésével csökkentek a költségek. Ezt a csökkentést végül a túlzottan széles övlemezről adódó költség-többlet állította meg. Látható, hogy a gerinclemez vastagságot a keréknyomásból származó nyomófeszültség korlátozása szabta meg. A méretek felvételét alapvetően befolyásolták a keréknyomás mellett a fáradási feltételek. A 0f. red értékének 1-nél kisebbnek kell lennie a darusín alatti nyakvarrat fáradási feltétele szerint és a feszültségnek nagyobbak kell lennie a hajlításból adódó σ_x -nél.

3. Dr. Jármai Károly, Dr. Kota László

Az Open Journal Systems rendszer bemutatása 18

A cikk bemutatja az OJS felépítését és használatát, különös tekintettel a GÉP folyóiratban történő alkalmazásra. Látható, hogy ezen menedzsment szoftverrel áttekinthető, ellenőrizhető és jól kezelhető lektorálás végezhető, mely remélhetőleg hozzájárul a folyóirat színvonalának és elismertségének emeléséhez.

4. Petrik Máté, Dr. Szepesi L. Gábor, Dr. Jármai Károly

Csőköteges hőcserélők optimális méretezése 23

Célunk, hogy olyan hőcserélőt illesszünk a technológiába, amelyik képes a technológiai hő átadására, és a változatok közül a legkisebb anyag- illetve gyártási költséggel rendelkezik. Egy csőköteges hőcserélőbe a legtöbb esetben a közegek a hőcserélő két végén lépnek be. A hőátadás hajtóerejét a két közeg hőmérsékletének különbsége jelenti. Ha egyenáramba kapcsoljuk a közegeket, akkor a belépő oldalon nagy hajtóerőt kapunk, a kilépő oldalon viszont jóval kisebbet. Viszont ha ellenáramba kötjük be, akkor nem kapunk akkora maximális hajtóerőt, mint egyenáram esetén, viszont sokkal egyenletesebb lesz. Mint minden vegyipari technológiánál, itt is törekedni kell az ellenáramú kapcsolásra. Számolnunk kell viszont azzal is, hogy ha a technológiai közeg érzékeny a nagy hőmérséklet változásokra, abban az esetben nem használhatunk ellenáramú kapcsolást.

5. Sebe István, Száva Ildikó Renáta, Dr. Jármai Károly

Tartály alátámasztó keret optimális

méretezése tűzvédelemre 28

A vizsgálatokból kiderült, hogy nagy terhelőerő, illetve 900-1800 másodperces tűzvédelemre tervezés esetén lemezből hegesztett szekrényszelvények használata a gazdaságos, mivel ezekkel az igénybevételeket ideálisabban teljesítő szelvényeket tudunk készíteni. A gerendák optimális oldaláránya 1,6 körüli értékre adódott függetlenül a terhelőerőtől, gerendahossztól, és acél folyáshatártól is.

6 Spisák Bernadett, Dr. Siménfalvi Zoltán Károly,

Dr. Szepesi Gábor

Rugóterhelésű biztonsági szelep kísérleti és szimulációs

vizsgálata 34

A rugóterhelésű biztonsági szelep mérése során kapott eredményeket összehasonlítottuk a szimulációival. Így meghatározható, hogy milyen pontos megoldást ad a modellezés a kísérlethez képest. A következő diagramon a felhajtóerő és szelepelmozgás függvénye látható, ahol a mért adatok és a szimulációból származó értékek függvényként vannak megadva. Végeredményül a két eredmény csak néhány százalékban tért el egymástól, amelyet az adott körülmények mellett gyakorlatilag megfelel az elvárásainknak.

7. Varga Tibor, Dr. Szepesi L. Gábor, Dr. Siménfalvi Zoltán

A horizontális kapart-falú hőcserélőben kialakuló elsődleges és másodlagos áramlás különböző belső szerkezeti megoldások esetében 37

Az elvégzett numerikus analízisekből bizonyíthatóan kijelenthető, hogy az STUs és Typ2 szerkezeti megoldások kellően megfelelő radiális, és az axiális főárammal való jó elkeverést biztosítanak. Az STx szerkezethöz ez már erősen függ a tömegáram, fordulatszám és viszkozitástól. A kisebb viszkozitású közegek esetében (pl. mint a víz) ez a fordulatszám emelésével kompenzálható a jelentős turbulencia, örvények biztosításával. A módosítás lényege a terelők és a tengely közti áramvonalas átmenet megoldása, elkerülve az éles átmenetet. Ez kedvezően hat a „holt” terek elkerülése viszonylatában.

8. Dr. Virág Zoltán, Dr. Jármai Károly

Az anyagminőség és a támaszközök nagyságának hatása nem-szabványos méretű földfeletti csővezetékek optimális méretezésére 45

Az optimális geometriát alapvetően befolyásolja a megengedett áramlási sebesség, ami felett már nem gazdaságos a szerkezet üzemeltetése. A szerkezeti acél folyáshatárának növelésével a stabilitási feltétel egyre jobban befolyásolja a szerkezetet. A támaszközök növelésével pedig a feszültségi feltétel, majd a lehajlási feltétel válik aktívvá. Ez a változó tendencia igazolja, hogy a különböző feltételek aktívvá válása befolyásolja az optimális szerkezet végleges geometriáját. Az adott támaszközre vizsgált különböző anyagminőségre kapott optimumok akár háromszoros folyóméter tömeg eltérést is adhatnak.

9. Zsemberi Andor, Dr. Siménfalvi Zoltán Károly,

Dr. Palotás Árpád Bence

Termikus és termokatalitikus kokrakolás 49

A mérési eredményekből látható, hogy a termikus és termokatalitikus mérések során kapott szén-hidrogén frakciók mennyisége igen jelentős eltérést mutatott, mely hatás a folyadéktermékek esetén volt a legszembetűnőbb. A termokatalitikus eseteknél jelentkező több, mint tízszeres folyadékhozam nem volt várható, ezért valószínűsíthető, hogy nem csak tisztán katalitikus hatásoknak tudható be.

A kutatómunka elsődleges célja, hogy az előállítható folyadék minőségi és mennyiségi mutatóit minden tekintetben javítani tudjuk. A jelentős eltérések hátterében nem csak a katalizátor feltét katalitikus folyamatai húzódnak, mivel a függőleges helyzetű reaktor termikus esetben közel dupla akkora mennyiségű szilárd maradékot produkált.

SZEKRÉNYSZELVÉNYŰ DARUHÍD MÉRETEZÉSE KÖLTSÉGMINIMUMRA

OPTIMUM DESIGN OF THE MAIN GIRDER OF OVERHEAD TRAVELLING CRANE

Farkas József*, Jármái Károly**

ABSTRACT

The paper shows the optimum design of the main girder of an overhead travelling crane, made of welded box beam. The objective function is the cost of the structure, which contains the material and the welding costs. The unknowns are the dimensions of the box beam. The constraints are the static and fatigue stresses, the local stability of the webs and flanges. It is shown, that using post welding treatment, one can improve the behaviour of the fatigue girder, with and acceptable cost. It is also shown, that the cost and mass minima are different.

1. BEVEZETÉS

A cikk célja egy kétszekrényes daruhíd tervezésének bemutatása, ahol a macska-sínt a belső gerinclemez fölé helyezzük (1. ábra).

A nagyszilárdságú acélok alkalmazásánál felmerül a gazdaságosság. A régebbi vizsgálatok kimutatták [1,2], hogy a 355 MPa folyáshatárú acél alkalmazása a 235 MPa folyáshatárúhoz képest erősebb igénybevételű daruknál csak kisebb anyagmegtakarítást eredményez és szigorúbb lehajlási előírás esetén még ez is csökken.

Ugyanis a darusín alatti nyakvarrat fáradási feltétele mértékadó, és ez nem függ a folyáshatártól. A jelenlegi Eurocode szabványok [3,4] sem adnak meg nagyobb fáradási határt 700 MPa folyáshatárig. A hegesztési utókezelések, amelyek jelentős folyáshatár-növelést eredményeznek, nem terjednek ki darusín alatti nyakvarratok esetére, viszont a diafragmákat kötő sarokvarratokra igen. Ezeknél alkalmazzuk is a növelő hatást.

Számításaink szerint a szekrényszelvényekbe vagy I szelvényekre hegesztett merevítő kereszt diafragmák varratainál alkalmazott utókezelések jelentős költségmegtakarítást eredményezhetnek [5].

A fentiek miatt nem foglalkozunk a nagyszilárdságú acélok daruhidakra való alkalmazásával. Viszont részletezzük a jelenlegi daruszabványok méretezési feltételeit és alkalmazzuk az általunk kifejlesztett

költségszámítást [6, 7] a gazdaságos szerkezeti változat meghatározására.

2. A TÁRGYALT DARU ADATAI

A jelenleg is érvényes BS 2573-1 [8] angol daruszabvány foglalkozik a különböző rendeltetésű daruk csoportba sorolásával és az egyes csoportokra vonatkozó jellemző tényezőkkel, például a dinamikus szorzóval. Választjuk az erős igénybevételű műhelydarut, ennek dinamikus tényezője $\psi_d = 1.3$, a mértékadó ciklusszám $N = 2 \times 10^6$ és a spektrum-tényező az [8] szerint $s_3 = 1$. A fáradási biztonsági tényező $\gamma_f = 1.25$.

A folyáshatár $f_y = 355$ MPa, az EN 13001-3-1 [9] szerint a méretezési feszültség 1.1 szórási tényezővel $t < 16$ mm lemezvastagságra 323 MPa, $16 < t < 40$ mm lemezvastagságokra 314 MPa. Kétféle folyáshatárú kombinált hibrid hegesztett tartókkal nem foglalkozunk. Híd támaszköz $L = 16.5$ m, horogteher $P = 200$ kN, macska tömeg $G_k = 42.25$ kN, keréktáv $k = 1.9$ m, sínmagasság $h_s = 70$ mm, járda és sín fajlagos tömege $p = 1900$ N/m, acél sűrűség $\rho = 7.85 \times 10^{-6}$ kg/mm³ vagy $\rho_0 = 7.85 \times 10^{-5}$ N/mm³, a kereszt diafragmák osztástávolsága $a = L/10 = 1650$ mm.

A többi adatot a vonatkozó feltételeknél adjuk meg.

3. A DARUSÍN ALATTI GERINCLEMEZ HORPADÁSI FELTÉTELEI

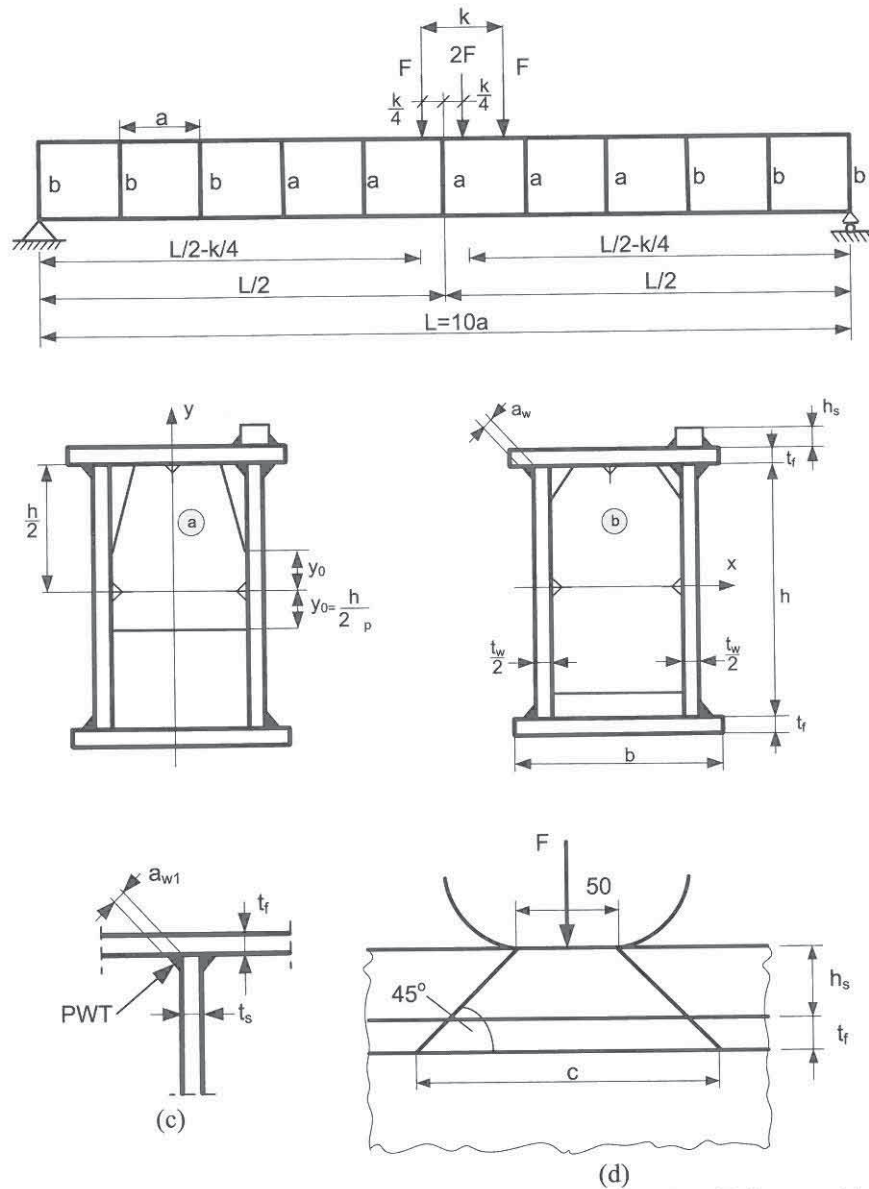
3.1 Hajlítás

Feszültség: függőleges hajlításból (két koncentrált erő esetén a maximális hajlító nyomatékra vonatkozó teherállással számolva)

$$\sigma_x = \frac{M_h}{W_x} \quad (1)$$

* professor emeritus, Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet

** egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet



1. ábra. A futódaruhíd adatai és keresztmetszei. Az (a) jelű diafragmák az utókezelésű varratokkal a tartó közepén, a (b) jelű diafragmák a tartó két szélén vannak, (c) a diafragmát a felső övlemezhez kötő utókezelt (Post Welding Treatment) sarokvarratok, (d) a keréknyomás eloszlása a gerinclemezen

$$M_x = (1.05\rho_0 A + p) \frac{L^2}{8} + \frac{F}{2L} \left(L - \frac{k}{2} \right)^2,$$

$$F = \frac{\psi_d P + G_k}{4}$$

$$A = ht_{w0} + 2bt_{f0}$$

$$W_x = \frac{h^2 t_{w0}}{6} + bht_{f0}$$

t_{w0} és t_{f0} az egészszámú mm-re felkerekített lemezvastagságok.

Hajlító nyomaték a vízszintes hajlításból

$$M_y = 0.3 \times 0.5 \left[(1.05\rho_0 A + p) + \frac{G_k}{8L} \left(L - \frac{k}{2} \right)^2 \right] \quad (5)$$

(2) A 0.5-ös szorzó azt fejezi ki, hogy négy kerék között hajtott, a 0.3 a tömegelő-szorzó.

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y}, \quad W_y = \frac{b^2 t_{f0}}{3} + \frac{ht_{w0} b}{2} \quad (6)$$

Nem kell együttműködő lemezszélességgel számolni, ha

$$\sigma_x \leq k_x f_y, \quad k_x = 1 \quad (7)$$

esetén

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{f_y}{k_{\alpha} \sigma_e}} \leq 0.673, \quad k_{\alpha} = 7.81 - 6.29\psi_x + 9.78\psi_x^2,$$

$$\psi_x = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{\sigma_x + \sigma_y} \quad (8)$$

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}, \quad E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}, \quad \nu = 0.3 \quad (9)$$

A fentiek alapján a szükséges lemezvastagság

$$t_{w.req} = \frac{2h}{0.673 \times 28.42 \varepsilon \sqrt{k_{\alpha}}}, \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (10)$$

3.2 Nyírás és csavarás

Nyírásból közelítőleg

$$\tau_{ny} = \frac{V}{ht_{w0}}, \quad V = (1.05 \rho_0 A + p) + \frac{F}{2L} \left(L - \frac{k}{2} \right) \quad (11)$$

Csavarásból

$$\tau_t = \frac{2M_t}{2bht_{w0}}, \quad M_t = \frac{F}{2L} \left(L - \frac{k}{2} \right) \frac{b}{2} + \frac{pLb}{4} \quad (12)$$

A nyírási horpadási feltétel

$$\tau = \tau_V + \tau_t \leq k_{\tau 0} f_y / \sqrt{3}, \quad k_{\tau 0} = 1 \quad (13)$$

esetén

$$\lambda_{\tau} = \sqrt{\frac{f_y}{k_{\tau} \sigma_e \sqrt{3}}} \leq 0.84, \quad k_{\tau} = 5.34 + \frac{4}{\alpha^2},$$

$$\alpha = \frac{a}{h} = \frac{L}{10h} \quad (14)$$

vagyis

$$t_{w.re} = \frac{2h}{31\varepsilon \sqrt{k_{\tau}}} \quad (15)$$

3.3 Keréknyomás

Keréknyomásból keletkező nyomófeszültség

$$\sigma_{y1} = \frac{2F}{ct_{w0}}, \quad c = 50 + 2(h_s + t_{f0}) = 50 + 2 \times 100 = 250 \text{ mm} \quad (16)$$

Feltétel

$$\sigma_{y1} \leq k_y f_y, \quad k_y = 1 \quad (17)$$

esetén

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{f_y}{k_{cy} \sigma_e \frac{a}{c}}} \leq 0.831 \quad (18)$$

Az EN13001-3-1 [8] diagramjából $c/a = 250/1650 = 0.15$ és $\alpha = a/h = 1650/680 = 2.4$ $k_{cy} = 1$

$$t_{w.req} = \frac{2h}{60.67\varepsilon} \quad (19)$$

Ellenőrzés összes feszültségre

$$\left(\frac{|\sigma_x|}{f_{bx}} \right)^{e_1} + \left(\frac{|\sigma_y|}{f_{by}} \right)^{e_2} - V_0 \left(\frac{|\sigma_x \sigma_y|}{f_{bx} f_{by}} \right) + \left(\frac{\tau}{f_{br}} \right)^{e_3} \leq 1,$$

$$e_1 = 1 + k_x^4, \quad e_2 = 1 + k_y^4, \quad e_3 = 1 + k_x k_y k_{\tau 0}^2 \quad (20)$$

$$V_0 = (k_x k_y)^6 \text{ ha } \sigma_x \sigma_y \geq 0, \quad V_0 = -1 \text{ ha } \sigma_x \sigma_y \leq 0 \quad (21)$$

$$\text{Esetünkben } k_x = k_y = k_{\tau 0} = 1 \quad (22)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_y)^2 + \sigma_{y1}^2 - (\sigma_x + \sigma_y) \sigma_{y1} + 3\tau^2} \leq f_y \quad (23)$$

4. A FELSŐ ÖVLEMEZ HORPADÁSI FELTÉTELEI

4.1 Kétirányú hajlítás

A gerinclemez horpadási feltételéhez hasonlóan

$$t_{f.req} = \frac{b}{0.673 \times 28.42 \varepsilon \sqrt{k_{cy}}}, \quad k_{cy} = \frac{8.2}{1.05 + \psi_y},$$

$$\psi_y = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{\sigma_x + \sigma_y} \quad (24)$$

4.2 Csavarás

A gerinclemezhez hasonlóan

$$t_{w.req} = \frac{b}{31\varepsilon \sqrt{k_{cb}}}, \quad k_{cb} = 5.34 + \frac{4}{\alpha_b^2}, \quad \alpha_b = \frac{a}{b} \quad (25)$$

5. A DARUSÍN ALATTI NYAKVARRAT FÁRADÁSI FELTÉTELE

Az EN 13001-3-1 [8] szerint K varrat fáradási határa $N = 2 \times 10^6$ ciklusszámra $\Delta\sigma_C = 112 \text{ MPa}$, a megengedett feszültség $s_3 = 1$ spektrumtényező esetén

$$\Delta\sigma_{Rd} = \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_f \sqrt[3]{s_3}} = 89.6 \text{ MPa} \quad (26)$$

és nyírásra

$$\Delta\tau_{Rd} = \frac{\Delta\tau_C}{\gamma_f \sqrt[3]{s_3}} = \frac{80}{1.25} = 64 \text{ MPa} \quad (27)$$

Fáradási feltétel összes feszültségre

$$\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{\Delta\sigma_{Rd}}\right)^3 + \left(\frac{\sigma_{y1}}{\Delta\sigma_{Rd}}\right)^3 + \left(\frac{\tau_V + \tau_t}{\Delta\tau_{Rd}}\right)^5 \leq 1 \quad (28)$$

6. A DIAFRAGMÁKAT RÖGZÍTŐ SAROKVARRATOK FÁRADÁSI FELTÉTELE

Fáradási határ

$$\Delta\sigma_C = \alpha_P 63 \text{ MPa} \quad (29)$$

ahol α_P a varrat utókezelés hatásának tényezője, például ultrahangos kezelés esetén 1.3, HiFIT nagyfrekvenciás utókezelés esetén 1.6.

A megengedett feszültség

$$\Delta\sigma_{Rd1} = \frac{\alpha_P \Delta\sigma_C}{\gamma_f} \quad (30)$$

A feltétel

$$\sigma_x \leq \Delta\sigma_{Rd1} \quad (31)$$

7. KÖLTSÉGFÜGGVÉNY

A költségfüggvényt a gyártási sorrendnek megfelelően fogalmazzuk meg.

(1) A szekrényszelvény felső övlemezének, gerinclemezeinek és keresztiafragmáinak hegesztése, a diafragmákat bekötő varratok utókezelése. Kétféle diafragmát alkalmazunk: a hídközép környezetében, ahol a nagy normál-feszültségek nagyok, az 5 diafragmát az 1. ábrán vázolt módon vágjuk le, hogy az utókezelést

csak a felső övhöz kötő varratoknál kelljen elvégezni. A többi 6 diafragmát az 1. ábra szerint alakítjuk ki. E gyártási fázisnak megfelelő szerkezettérfigat

$$V_1 = L(ht_{w0} + bt_{f0}) + 6bht_s + 2.5bht_s \left(1 + \frac{1}{\alpha_P}\right), t_s = 6 \text{ mm}, \alpha_P = 1.6 \quad (32)$$

Az összeállított szerkezeti részek száma $\kappa_1 = 14$, az összeállítás bonyolultsági tényezője $\Theta_1 = 3$. A hegesztési költség négy részből áll: a darusín alatti GMAW-C hegesztésű K-tompavarrat költségéből (K_{w11}), a másik felső GMAW-C sarokvarrat költségéből, a diafragmák bekötő varratainak költségéből (K_{w12}) és az 5 diafragma bekötő varratainak utókezelési költségéből (K_t)

$$K_{w1} = k_w (\Theta_1 \sqrt{\kappa_1 \rho V_1} + 1.3 \times 0.3394 \times 10^{-3} a_w^2 L + K_{w11}), k_w = 1.0 \text{ \$/min} \quad (33)$$

$$K_{w11} = k_w 1.3 \times 0.1520 \times 10^{-3} a_w^{1.94} L, a_w = t_{w0} / 2, \quad (34)$$

$$K_{w12} = k_w 1.3 \times 0.7889 \times 10^{-3} a_w^2 L_w, L_w = 2 \left[6(b + 2h) + 5 \left(b + \frac{h}{\alpha_P} \right) \right] \quad (35)$$

$$K_t = k_w L_t T_0, L_t = 10b, T_0 = 0.0033 \text{ min/mm} \quad (36)$$

(2) A szekrényszelvény alsó övlemezének hegesztése két GMAW-C sarokvarrattal

$$K_{w2} = k_w (\Theta_2 \sqrt{\kappa_2 \rho V_2} + 1.3 \times 0.3394 \times 10^{-3} a_w^2 2L), \Theta_2 = 2, V_2 = V_1 + bt_{f0} L, \kappa_2 = 2 \quad (37)$$

A két gerinclemez összehegesztése 11x1500 mm-es darabokból GMAW-C tompa K-varratokkal

$$K_{w3} = k_w \left(\Theta_2 \sqrt{11 \rho V_3} + 1.3 \times 0.152 \times 10^{-3} \times 10h \left(\frac{t_{w0}}{2} \right)^{1.94} \right), V_3 = Lht_{w0} / 2 \quad (38)$$

A két övlemez összehegesztése 11x1500 mm-es darabokból GMAW-C tompa K-varratokkal

$$K_{w4} = k_w (\Theta_2 \sqrt{11 \rho V_4} + 1.3 \times 0.152 \times 10^{-3} \times 10bt_{f0}^{1.94}), V_4 = Lbt_{f0} \quad (39)$$

1. táblázat. Az optimumkeresés eredményei. Méretek és lehajlás mm-ben, feszültségek MPa-ban, térfogat mm³-ben, költségek \$-ban. A minimumokat vastag számokkal jelöltük.

h	680	640	590	540	490
b	290	300	340	385	440
t_{w0}	28	26	24	22	20
t_{f0}	37	40	40	40	40
σ_x	77.4	77.4	78.0	78.6	79.0
Kerék $t_{w.req}$	27.6	25.9	23.9	21.9	19.8
Hajlítás $t_{w.req}$	20.4	19.8	17.6	16.0	14.4
Nyírás $t_{w.req}$	22.0	20.8	19.3	17.8	16.3
w_{max}	17.5	15.1	14.0	15.1	16.4
$\sigma_{f.red}$	0.946	0.960	0.963	0.971	0.970
$\Delta\sigma_{Rd1}$	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6
$V_2 \times 10^{-8}$	6.806	6.826	6.95	7.17	7.56
K_t	10	10	12	13	15
K	11910	11630	11450	11440	11670

Anyagköltség

$$K_m = k_m \rho V_2, k_m = 1.0 \$/\text{kg} \quad (40)$$

Összköltség

$$K = K_m + K_{w1} + K_{w11} + K_{w12} + K_t + K_{w2} + 2K_{w3} + 2K_{w4} \quad (41)$$

8. AZ OPTIMUM-KERESÉS EREDMÉNYEI

Az eredményeket az 1. táblázat mutatja.

9. KÖVETKEZTETÉSEK

A keresést MathCAD programmal végeztük. Mivel a hegesztési költségek a gerinclemez vastagságától függenek, e vastagság csökkenésével, vagyis a gerinclemez magasság csökkentésével csökkentek a költségek. Ezt a csökkentést végül a túlzottan széles övlemezből adódó költség-többlet állította meg. Látható, hogy a gerinclemez vastagságot a keréknyomásból származó nyomófeszültség korlátozása szabta meg.

Ha a darusín alatt alkalmazott tompa K-varrat helyett gyengébb minőségű varratot alkalmaznánk, sokkal vastagabb gerinclemezt kellene tervezni.

A méretek felvételét alapvetően befolyásolták a keréknyomás mellett a fáradási feltételek. A $\sigma_{f.red}$ értékének 1-nél kisebbnek kell lennie a darusín alatti nyakvarrat fáradási feltétele szerint és a $\Delta\sigma_{Rd1}$ feszültségnek nagyobbak kell lennie a hajlításból adódó σ_x -nél.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutató munka az OTKA T 109860 projekt támogatásával valósult meg, a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő *Innovatív járműipari, gépészeti és energetikai tervezés és technológiák* Kiválósági Központ keretében.

IRODALOM

- [1] Farkas,J.(1985) Növelt folyáshatárú acélok alkalmazása kétszekrényes futódaruhidakhoz. Gép 37, No. 4. 137-140.
- [2] Farkas,J.(1986) Economy of higher-strength steels in overhead travelling cranes with double-box girders. J. Constr Steel Res 6, No. 4. 285-301.
- [3] Eurocode 3-1-9 (2005) Design of steel structures. Fatigue strength of steel structures.
- [4] Eurocode 3: EN 1993-1-12.(2007) Design of steel structures. Part 1-12. Additional rules for the extension of EN 1993 up to steel grades S 700.
- [5] Jármái,K. Pahlke,H., Farkas,J.(2014): Cost savings using different post welding treatments on an I-beam subject to fatigue load, Welding World 58, 691-698.
- [6] Farkas,J., Jármái,K.(2003) Economic design of metal structures. Rotterdam, Millpress
- [7] Farkas,J., Jármái,K.(2008) Design and optimization of metal structures. Chichester, UK, Horwood Publishing.
- [8] BS 2573-1 (1983): Rules for the design of cranes. Part 1. Specification for classification, stress calculations and design criteria for structures.
- [9] EN 13001-3-1 (2010) Cranes – General design – Part 3-1: Limit states and proof competence of steel structure.