

Nemzetközi Hegesztett Szerkezet Tervező - az IIW keretében folyó mérnöktovábbképzés

Dr. Jármái Károly, Dr. Farkas József

Miskolci Egyetem, 3515 Miskolc, Egyetemváros, e-mail: altjar@uni-miskolc.hu

Összefoglalás: A cikk ismerteti a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) ajánlásainak megfelelően akkreditált Nemzetközi Hegesztett Szerkezet Tervező képzést, ami a Miskolci Egyetemen zajlik jelenleg is. Bemutatja a képzés felépítését, mindazokat a témákat és tantárgyakat, melyek szükségesek a nemzetközi tudás és nemzetközi oklevél megszerzéséhez. Bemutatja, hogy az oktatás során az anyagtudományi, törésmechanikai és hegesztési technológiai alapok mellett milyen tervezési témakörök szerepelnek, melyek a tervezési alapokra nagy számú különböző hegesztett szerkezetre, az optimális méretezésre és számos alkalmazásra vonatkoznak.

Kulcsszavak: hegesztett szerkezet, optimális méretezés, fém szerkezetek, stabilitás

1. Bevezetés

A Nemzetközi Hegesztési Intézet régóta foglalkozik a hegesztők, hegesztő szakemberek oktatásával, továbbképzésével mind közép, mind felsőfokon. A Miskolci Egyetemen is a 60-as évek elejétől folyik hegesztő szakmérnök képzés. A Nemzetközi Hegesztési Intézet kidolgozta korábban a felsőfokú képzés keretében a Nemzetközi hegesztőmérnök (IWE), a Nemzetközi hegesztőtechnológus (IWT), és a Nemzetközi Hegesztőspecialista (IWS) képzések irányelveit és nemzetközi harmonizációját. A legújabb képzés ajánlásait az IIW nemrég dolgozta ki Nemzetközi Hegesztett Szerkezet Tervező címmel. Ezen képzés részleteit, folyamatát, illetve tapasztalatait tartalmazza ez a cikk.

2. Nemzetközi Hegesztett Szerkezet Tervező képzés leírása

A képzés alap és emelt szinten történhet. A Miskolci Egyetemen az emelt szintű képzés folyik. Ha a hallgatóknak 7 modul kell végighallgatniuk és mindegyikből vizsgát tenniük. A képzés végén várható, hogy az ismereteket megfelelően elsajátították a hegesztett szerkezetek műszaki tervezéséhez.

A belépés feltétele az IIW ajánlása szerint a Nemzetközi hegesztőtechnológus (IWT) belépési feltétele, vagyis szakirányú egyetemi, vagy főiskolai végzettség, MSc, vagy BSc. Ehhez még egy év szakmai gyakorlatot vettünk hozzá, mint követelményt.

A képzés tartalma a következőképpen épül fel:

	Emelt szinten óra	Alap szinten óra
1. Modul: Hegesztéstechnológia	25	25
2. Modul: Anyagok szilárdságtana	25	25
3. Modul: Hegesztett szerkezetek tervezése	25	25
4. Modul: Hegesztett kötések tervezése	25	-
5. Modul: Hegesztett lemezszerkezetek tervezése	25	-
6. Modul: Hegesztett szerkezetek optimalálása	25	-
7. Modul: Gyártás, költség, minőség és vizsgálat	25	25
Vizsgák	7	4
Össz óraszám	182	104

2.1. A képzés tartalmi áttekintése: elméleti és gyakorlati oktatás

Az 1. diagram mutatja a képzés felépítését. Ha valaki IWE, IWT, vagy IWS diplomával jelentkezik a képzésre, akkor az 1-es és 7-es modult kihagyhatja, nem kell rajta résztvennie, de vizsgáznia kell belőle.

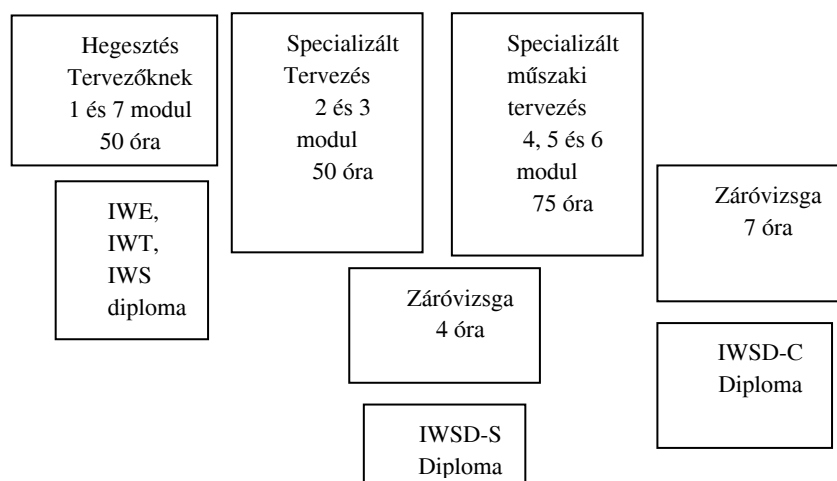
Az egyes modulok felépítése a következő:

	Óraszám
1 Modul: Hegesztési technológiák	25
M1.1 Hegesztési fogalmak	3
M1.2 Hegesztési jelölések a műszaki rajzban	3
M1.3 Hegesztési eljárások áttekintése	9
M1.4 Varratok és anyagok metallográfiai tulajdonságai	10

2 Modul: Anyagok szilárdsága	25
M2.1 Statikus egyensúly	3
M2.2 Feszültség, alakváltozás és deformációk	3
M2.3 Törési kritériumok szerkezetekre és anyagaikra	4
M2.4 Fáradás	6
M2.5 Törésmechanika	5
M2.6 Anyagtulajdonságok	4
3 Modul: Hegesztett szerkezetek tervezése	25
M3.1 Szerkezeti rendszerek alapelvei	4
M3.2 Szerkezetek terhelése	4
M3.3 Bevezetés szerkezetek tervezésébe	8
M3.4 Analitikus eljárások szerkezeteknél	5
M3.5 Tervezési előírások, kódok, szabványok	4
4 Modul: Hegesztett kötések tervezése	25
M4.1 Hegesztett kötések típusai	4
M4.2 Hegesztett kötések tervezése statikus terhelésre	8
M4.3 Hegesztett kötések tervezése fáradásra	10
M4.4 Tervezés rideg törés elkerülésére	3
5 Modul: Hegesztett lemezszerkezetek tervezése	25
M5.1 Lemezek és héjak	8
M5.2 Gerendák és oszlop-szerkezetek	8
M5.3 Hegesztési maradó feszültségek és vetemedések számítása	9
6 Modul: Hegesztett szerkezetek optimális tervezése	25
M6.1 Hegesztett szerkezetek optimálásának alapjai	3
M6.2 Statikus terhelésű varratok tervezése	2
M6.3 Varratok méretezése fáradásra	8
M6.4 Hegesztési utókezelő eljárások hegesztett szerkezeteknél	4
M6.5 A kézi és az automatizált hegesztés tervezési szempontjai	2.5
M6.6 Fáradásra tervezés numerikus módszerei	4
M6.7 Laborvizsgálat	1.5

7 Modul: Gyártás, költségek, minőség és ellenőrzés	25
M7.1 Gyártási költségek és a költségek csökkentése	8
M7.2 Optimális gyártástervezés	10
M7.3 Minőségbiztosítás a hegesztési eljárásokban	4
M7.4 Ellenőrző eljárások és azok kritériumai	3
Vizsgák: alap szinten	4
emelt szinten	7
Összóraszám: alapszinten	104 óra
emelt szinten	182 óra

1. diagram



2.2. Tantárgyak leírása

Az alábbiakban megadjuk a sok közül néhány tantárgy leírását és elvárt eredményeit.

M1.2 Hegesztési jelek a műszaki rajzban (3 ó)

Tárgy: A hallgatók megismerik a hegesztési jelöléseket és szimbólumait a műszaki rajzolásban valamint hogyan kell a gyártáshoz elkészíteni a műszaki rajzot.

Tartalom:

Hegesztési jelölések
Hegesztési rajzok szimbólumai
Hegesztési eljárás rövidítései

Elvárt eredmény alap és emelt szinten:

Áttekintése az EN 22553:1994 „Hegesztett, kemény-és lágyforrasztású varratok-szimbólikus jelölései rajzokon ” szabványnak. Előadás a helyes hegesztési eljárásokról. A helyes jelölések bemutatása a műszaki rajzon a hegesztési eljárásokra. A hegesztés minőségének és ellenőrzésének részletes magyarázata. Az élelőkészítés bemutatása és a használt jelölések ismertetése.

M1.3 Hegesztési eljárások áttekintése (9 óra)

Tárgy: A hallgatók megismerkednek az általános hegesztési eljárásokkal.

Tartalom:

A műszakilag ajánlott hegesztési eljárások. Az egyes speciális eljárások változhatnak a hallgatóság műszaki területeinek függvényében.

Kézi ívhegesztés
MIG/MAG
TIG
Fedett ívű hegesztés
Elektronsugaras hegesztés
Lézerhegesztés
Ellenállás hegesztés
Súrlódásos hegesztés

Elvárt eredmény alap és emelt szinten:

A legelterjedtebb hegesztési eljárások főbb működési elvei.

Az alkalmazásoknak megfelelő hegesztési eljárások kiválasztása.

Az EN ISO 4063:2000 „Hegesztés és rokon eljárásai – lista az eljárásokról és hivatkozási számokról” előírás áttekintése. Az alkalmazási módok osztályozása az egyes eljárásoknál. A hegesztési eljárás szerkezeti és anyagtulajdonsági elvárásai. Az alkalmazásnak megfelelő hegesztési paraméterek meghatározása. A hegesztési hozaganyag kiválasztásának meghatározása. Hegesztési művelet jellemzőinek leírása (WPS)

M2.1 Statikus egyensúly (3 óra)

Tárgy:

A hallgatók megismerik a statikus egyensúly alapfogalmait egyszerű szerkezeteknél, valamint alkalmazásukat egyszerű szerkezeti elemeknél.

Tartalom:

Erők egyensúlya
Nyomatékok egyensúlya
Terhelő és reakció erők
Nyíró- és nyomaték diagram
Húzó-, nyomó-, nyíró-, hajlító- és csavaró erő komponensek

Elvárt eredmény alap és emelt szinten:

Statikai és dinamikai alapelvek, fontos, hogy megértsék a szerkezetek viselkedését. Különböző erők összetevői, azok szerkezetre gyakorolt hatásainak definiálása. Statikailag határozott tartók és hasonló egyszerű szerkezetek számításai. Statikailag határozott és statikailag határozatlan tartók példái. Tartók és keretszerkezetek nyíró- és nyomaték diagramjai.

M2.2 Feszültség, nyúlás és alakváltozás (3 óra)

Tárgy:

A hallgatók megismerik az alapfogalmakat, mint a testeknél fellépő nyomás, húzás, hosszváltozás, feszültség és alakváltozás.

Tartalom:

Normálfeszültségek és nyúlások
Csúszató feszültség és a nyíró igénybevétel
Rugalmas alakváltozás
Statikus és dinamikus erők
Képlékeny alakváltozás
Feszültség-nyúlás görbék különböző anyagokra
Folyáshatár
Mohr-kör

Elvárt eredmény alap és emelt szinten:

Normál- és nyírófeszültségek alapdefiníciói. Szerkezeti anyagok feszültsége és nyúlása közötti összefüggés. A folyáshatár és a szakítószilárdság jelentősége a szerkezeti elemeknél. Statikusan terhelt elemek feszültségének és nyúlásának számítása. Folyás összetett terhelés esetén.

2.3. Tervezési témák az oktatásban összefoglalóan

Az oktatásban az alábbi témakörök szerepelnek:

Alapok: hegesztési feszültségek és alakváltozások, vékonyfalú rudak csavarása, nyomott rudak kihajlása, lemezek és héjak horpadása, hegesztett kötések fáradása, rezgéscsillapítás, költségszámítás, Eurocode előírások.

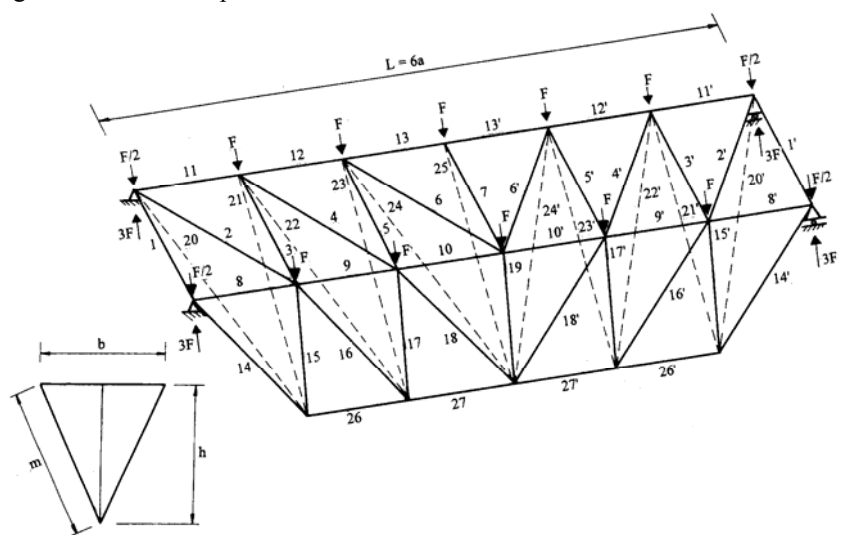
A fő témakörök szükségessége logikusan levezethető abból a nyilvánvaló feltételből, hogy a szerkezetek tömeg- és költség-csökkentése főleg lemezvastagság-csökkentéssel érhető el. Az így adódó vékonyfalú szerkezetekben különböző káros jelenségek léphetnek fel: megnövekszenek a varratsugorodásból származó maradó feszültségek és alakváltozások, a nyitott vékonyfalú rudak csavarásakor nagy alakváltozások és feszültségek lépnek fel, instabilitási jelenségek (főleg lemez- és horpadás) lépnek fel, káros zajjal járó rezgések keletkeznek, a fellépő feszültségcsúcsok fáradáshoz vezetnek, a költségek nagymértékben függenek a lemezvastagságtól; a lemezeket és héjakat bordákkal kell merevíteni, a lemezvastagság-csökkentés mértékét optimálással kell meghatározni;

Tervezés: optimális méretezés (szerkezet-szintézis) rendszere, matematikai módszerei, méretezési és gyártási feltételek, célfüggvények, tömeg- és költségminimálás, méretezés földregzésre, tűzvédelemre;

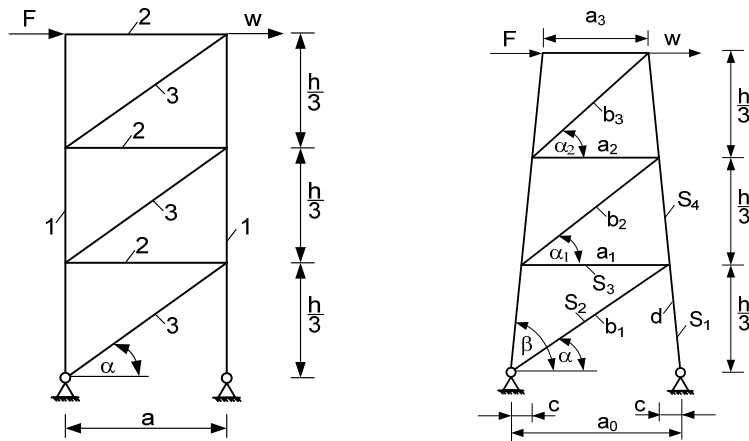
Szerkezet-típusok: rúdszerkezetek: hajlított és nyírt hegesztett I- és szekrényszelvényű tartók, nyomott rudak, rácsos csőszerkezetek, keretek és keretsomópontok, felületszerkezetek: bordázott lemezek és héjak;

Alkalmazások: hidak, épületvázak, tornyok, silók, bunkerek, tartályok, daruk és darupályák, tengeri olajfúró állomások.

Ezeket a tananyagokat több évtizedes rendszeres kutatással, folyóiratcikkekkel (a *Welding in the World*-ben 25 cikkel), konferencia-előadásokkal, 4 angol nyelvű könyvvel fejlesztettük ki és alkalmaztuk szűkebb óraszámban a hegesztő technológus szakmérnök-képzésben is.



1. ábra Meghatároztuk az ábrán vázolt háromívű rácsos csőszerkezet optimális tartómagasságát, amely minimalja a tartó tömegét illetve költségét



$F = 100000 \text{ N}$, $h = 12000$, $f_y = 355 \text{ MPa}$,
 $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$, $w_0 = 12 \text{ mm}$.
 $A_1 = 2971$, $A_2 = A_3 = 2377 \text{ mm}^2$.
 $a_{opt} = 4706 \text{ mm}$
 $V = 1.557 \times 10^8 \text{ mm}^3$

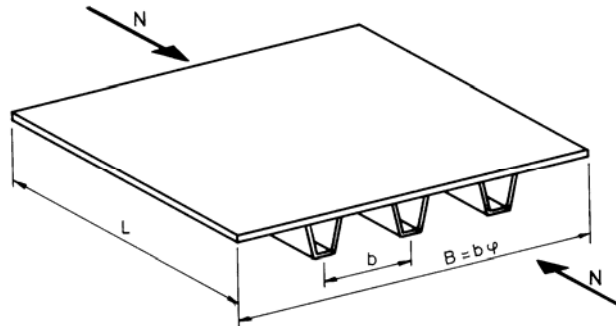
$F = 100000 \text{ N}$, $h = 12000$, $f_y = 355 \text{ MPa}$,
 $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$, $w_0 = 12 \text{ mm}$.
 $\alpha = 22.8^\circ$, $a_0 = 10810 \text{ mm}$.
 $A_1 = 2311$, $A_2 = A_3 = 1848 \text{ mm}^2$.
 $V = 1.347 \times 10^8 \text{ mm}^3$.

2. ábra. A két rácsos csőszerkezetet előírt w vízszintes elmozdulásra, minimális térfogatra optimaltunk. Látható, hogy a nem-párhuzamos övű tartó térfogata 12%-kal kisebb

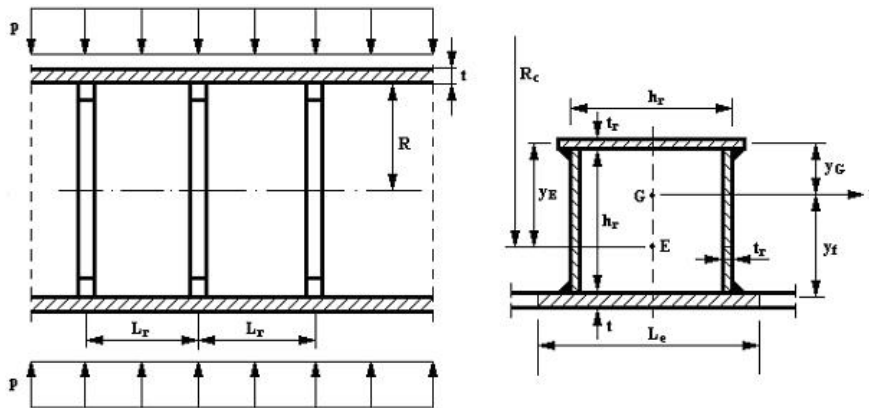
Nemzetközileg is egyedülállóak eredményeink a költségminimumra való optimális méretezés, az optimalt szerkezetvariánsok költség-összehasonlítása terén, az ezekből levonható szempontokat a tervezők jól tudják használni gazdaságos, versenyképes, innovatív szerkezettypusok fejlesztésében.

2.4. Szakmai alkalmazások

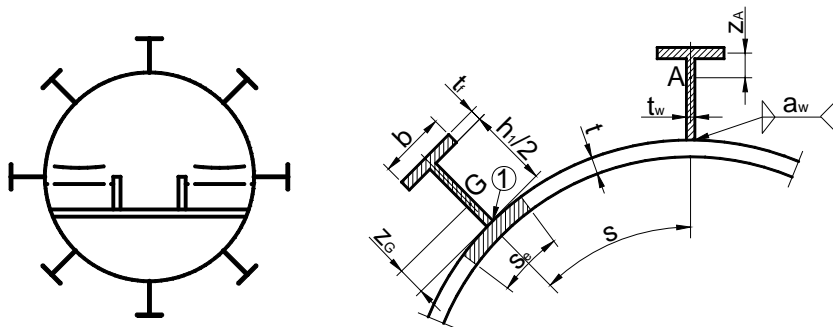
A szakmai alkalmazások kiterjednek többek között a következőkre, rácsos tartók, bordázott lemezek és héjak. Ezekre vonatkozólag mutatunk be néhány konstrukciót. A tervezőknek hasznos útmutatást ad az egyes optimalt szerkezetvariánsok tömeg- és költség-összehasonlítása.



3. ábra. Bordázott lemez optimális vastagsága 11 mm, költsége 3940 \$, a bordázatlan lemez vastagsága 51 mm, költsége 7206 \$



4. ábra Gyűrűbordás hengerháj optimális vastagsága 10 mm, költsége 38964 \$. A bordázatlan háj vastagsága 34 mm, költsége 77194 \$. Külső nyomás esetén a gyűrűbordázás gazdaságos



5. ábra. Hosszbordás háj optimális vastagsága 7 mm, max. lehajlása $52 < 60 \text{ mm} = L/1000$, költsége 185086 \$, bordázatlan háj vastagsága 31 mm, max. lehajlása $59 < 60 \text{ mm}$, költsége 280800 \$. Szigorú lehajlási feltétel esetén a hosszbordázás gazdaságos

2.5. Vizsgáztatás, összefoglalás

A vizsgaeljárásokat és adminisztrációjukat az IAB-001-2000/EWF416-os dokumentum foglalja magában. A képzés 7 órás vizsgával zárul.

Az oktatás, amely az IIW vizsgáztatáshoz vezet a Nemzeti Minősítő Tanács (Authorised National Body) által lett jóváhagyva. A magyarországi képviselő szervezet a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés, MHtE. Nyolc tanár oktat, hét fő tudományos minősítéssel (2 fő DSc, 1 fő CSc, 4 fő PhD, 1 fő MSc) rendelkezik. Az oktatók kiválasztása azon az elváráson alapult, hogy biztosítsa azt a fontos speciális tudást és ipari tapasztalatot, mely kellően lefedi a tanterv tartalmát az oktatók és a meghívott előadók révén.

Az oktatás még folyik, de már megállapítható, hogy az IWSD képzés egy fontos területet fed le, ahol a nemzetközi szintre kitekintés elengedhetetlen. A jelentkezett hallgatóknak nagy szüksége van az átadott tudásra és nem mellékesen a nemzetközi oklevélre. A képzés felépítése folyamatos korszerűsítést igényel, hogy a benne szereplő információk, tudás minél napra készek, minél korszerűbbek legyenek.

Szólni kell a résztvevőkről is egy pár szót. Sajnos a mai oktatásban az egyéni aktivitás sokszor elsikkad, itt pedig folyamatosan tapasztalhattuk oktatóként az érdeklődést, ami nagyon jó volt. Dr. Kiss Lajos néhai kollégánk szavajárása volt hogy *„Sokat tanultam tanáraimtól, de legtöbbet diákjaimtól tanultam”*, ami szerintünk nagyon igaz.



1. fénykép A miskolci IWSD képzés résztvevői

Köszönetnyilvánítás

A cikk megírását, illetve az oktatás mögötti szakmai munkát az OTKA 75678 számú kutatás-támogatási projekt tette lehetővé. Köszönjük az MHE-től Gayer Béla igazgatóhelyettes segítségét, továbbá a Hegesztés-technika és az Acélszerkezetek folyóiratok támogatását.

Irodalomjegyzék

- [1] Farkas, J., Jármái, K.: Analysis and Optimum Design of Metal Structures, Balkema Publishers, Rotterdam, Brookfield, 1997, 347 p. ISBN 90 5410 669 7
- [2] Jármái, K., Farkas, J.(Eds.): Mechanics and Design of Tubular Structures, Springer Verlag, 1998, 337 p. ISBN 3-211-83145-2
- [3] Jármái, K., Iványi, M.: Gazdaságos fémszerkezetek analízise és tervezése, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2001, 226 p. ISBN 963 420 674 3
- [4] Farkas J., Jármái K.: Economic Design of Metal Structures, Millpress Science Publisher, Rotterdam, 2003, 340 p. ISBN 90 77017 99 2
- [5] Farkas, J., Jármái, K.: Design and Optimization of Metal Structures, Horwood Publishers, Chichester, UK, 2008, 328 p. ISBN: 978-1-904275-29-9
- [6] Jármái, K.: Hegesztés és rokon technológiák, Kézikönyv, 2.8.6.1 Földregés 109-111. old, 7.1 Hegesztett szerkezetek tervezésének általános elvei 643-650. old., 7.2 A számítógéppel segített tervezés alapjai és lehetőségei a szerkezet-kialakításban 650-654. old., 11.3 Költségekalkuláció tervezéskor 837. old. fejezetek, Editor Szunyogh L., Gépipari Tudományos Egyesület, Műegyetemi Kiadó, 2007. 895 old. ISBN 978-963-420-910-2
- [7] Jármái, K., Iványi, M.: Acélszerkezetek tűzvédelmi tervezése, Bevezetés az acélszerkezetekkel kapcsolatos európai szabványokba és alkalmazásukba. Gazdász-Elasztik Kft. Miskolc, 259 old. 2008, ISBN 978-963-87738-4-5