

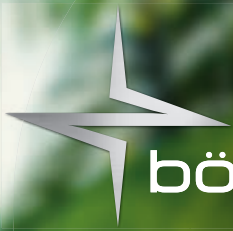
ACÉLSZERKEZETEK

Magyar Acélszerkezeti Szövetség lapja – Journal of the Hungarian Steel Structure Association



A TARTALOMBÓL:

- *Időjárásálló acélok kísérleti alapú sókorróziós vizsgálata*
- *Sikeresen lezajlott az első IWSD képzés a BME-n*
- *UAV légi jármű hegesztett teherhordó szerkezetének tervezése és gyártása*
- *Csavarozott és hegesztett kötések együttes alkalmazása*
- *Hegesztett acél- és öszvérhidak varratelkerülő nyílásának fáradásvizsgálata*
- *A lépcső, mint művészet – A MOL Campus és a spirállépcsők*
- *Jungfer Gyula, a magyar díszműkovács szakma kiemelkedő egyénisége*



böhler welding
by voestalpine

Lasting Connections

ECOspark®.
BECAUSE BÖHLER
WELDING CARES.



Egyesítve a két világ, gazdaság és környezetvédelem, legjobb tulajdonságait, az ECOspark® termékcsaládot a kézi és automatizált hegesztés kimagasló hatékonyságára és egy élhető világra terveztük. A minden körülmények között stabil ívből, a tökéletes előtolhatóságból, a széles paramétertartományból, és a kevesebb utómunka miatti alacsonyabb energiafogyasztásból adódnak össze előnyei.

Ez az, ahogyan mi törődünk a környezettel.



Olvassa be
további
információkért

voestalpine Böhler Welding
www.voestalpine.com/welding

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

➔ **A MAGÉSZ 2024. december 4-én tartotta szokásos évváró ülését** a BME Hidak és Szerkezetek Tanszékén. Az ülésen az elnökség beszámolt a 2024. év eseményeiről és egyben vázolta a 2025. év várható munkatervét. Az évváró ülés keretében a jelenlévő tagvállalatok egy kötetlen beszélgetés keretében számoltak be aktuális helyzetükről és az előttük álló kihívásokról.
Az évváró ülést **Aszmann Ferenc** elnök vezette.

➔ **2024. júniusában rendezte meg a szövetség XVII. Acélszerkezeti konferenciáját** a Dunaújvárosi Egyetemen, melynek sikeres megrendezése kiemelt eseménye volt az elmúlt évnek. A konferencia megmutatta, hogy a szövetség tagjai is fontosnak tartják ezt a kétévente megrendezésre kerülő eseményt. A tizennégy előadás átfogta a szakma különböző területeit, bemutatta az elméleti tudás fejlődését és változatos projekteken keresztül a gyártás és kivitelezés nagymértékű korszerűsödését.

Az előadások között szerepelt a 2024. évi „Év Acélszerkezete Nívódíj” két nyertese is. A Duna Aszfalt előadója, **Szabó Gábor** bemutatta a Déli vasúti Duna-híd komplex átépítésének technikai és szervezési nehézségeit és az impozáns végeredményt, mely lehetővé teszi a budapesti vasúti közlekedés további fejlesztését. A másik nyertes, az MSc Kft.–AHíd–Acélhidak Kft. konzorciuma beszámolt az „Ország hídja”, a Széchenyi lánchíd átépítési munkálatairól. Az előadás során **Varga Balázs**, az A-Híd munkatársa az átépítés nehézségeit elemezte és szakmai szempontból érdekes fotókkal tette érdekessé.

Az elméleti fejlődést a Budapesti Műszaki Egyetem részéről **Kovács Nauzika**, a győri Széchenyi Egyetem részéről **Hajdú Gábor** mutatta be.

A konferencia résztvevői a közelmúlt projektjeiről is képet kaptak. Előadás mutatta be a közelmúlt Ipoly folyó hídfejlesztéseit, a Sátoraljaújhelyen megépített, rekordhosszúságú „Nemzeti összefogás” kötéltárhíd, a Paks és Kalocsa között megépült „Tomori Pál” Duna-hídat és a bim-GROUP három előadásban mutatta be a közelmúlt legszebb csarnokát, a székesfehérvári Alba-Arénát.

A tagok aktív közreműködése, a szakma fejlődését bemutató nagyszámú előadás hozzájárultak a sikeres lebonyolításhoz.

➔ **Az elnökség 2025. március 26-ára tervezi az első összejevetelét.** Az elnökségi ülés tervezett napirendi pontjai:
– az „Év Acélszerkezete Nívódíj” pályázati anyagainak bemutatása, majd az elnökség döntése a díj odaítéléséről,
– a „Diplomadíj-pályázat” pályamunkáinak értékelése, döntés az MSc és BSc kategóriák díjainak odaítéléséről,
– közgyűlés előkészítése, munkaterv elfogadása,
– 2024. évi beszámoló és mérleg elfogadása, közgyűlés elé terjesztése,
– 2025. évi tagdíj mértékére javaslatétel,
– 2025. évi költségvetés elfogadása, közgyűlés elé terjesztése,
– 2025. évi munkaterv javaslatétel.

➔ **Előzetes terv, hogy május 14-én tartjuk éves közgyűlésünket.**

Szövetségi hírek 1

Időjárásálló acélok kísérleti alapú sókorrozíós vizsgálata – Tanulmányút Ostravában 2

Sikeresen lezajlott az első IWSD képzés a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 8

Könnyűszerkezetű, multifunkciós UAV légi jármű hegesztett teherhordó szerkezetének tervezése és gyártása 11

Csavarozott és hegesztett kötések együttes alkalmazása 17

Hegesztett acél- és öszvérhidak varratelkerülő nyílásának fáradásvizsgálata a geometriai feszültségek módszerével 26

Könyvismertetés
Dr. Szabó Bertalan:
Öszvérszerkezetek tervezése az Eurocode szerint
Válogatott fejezetek 34

A lépcső, mint művészet – A MOL Campus és a spirállépcsők 38

Jungfer Gyula, a magyar díszműkovács szakma kiemelkedő egyénisége.
II. rész 46

Komplex hegesztéstechnikai megoldások egy kézből 56

Tartály-, siló- és üzemi lépcsők .. 58

IDŐJÁRÁSÁLLÓ ACÉLOK KÍSÉRLETI ALAPÚ SÓKORRÓZIÓS VIZSGÁLATA – TANULMÁNYÚT OSTRAVÁBAN

Az időjárásálló acélok alkalmazása a hídépítés területén Magyarországon még csak most kezdődik. A környezetünket terhelő károsanyag-kibocsátás csökkentése szempontjából az időjárásálló acélok alkalmazása kiemelt fontosságú, mivel a bevonati rétegek elhagyásával, a karbantartási munkák csökkentésével jelentős CO₂-kibocsátás takarítható meg. Az UNITEF'83 Zrt. már számos alkalommal javasolta a beruházóknak ilyen acélok alkalmazását. Tanulmány- engedélyezési és kiviteli tervek is készítettünk már időjárásálló acélok alkalmazásával Magyarországon. A megrendelők, üzemeltetők részéről rendszeres kérdésként vetődik fel az acélszerkezet viselkedése, ill. az ezzel kapcsolatos gyakorlati tapasztalatok.

Az Ostravai Műszaki Egyetemen (VSB-TUO) egy 10 éves kísérletsorozat és kutatás utolsó évét kezdték meg idén, amelynek fő célja az időjárásálló acélok helyszíni (valós körülmények közötti) vizsgálata. Csehországban (korábban: Csehszlovákia) már az 1970-es évek vége óta alkalmaznak időjárásálló acélokat. A kérdés, hogy a légkörben lévő agresszív oldatokra (sós környezet, ipari területeken szulfidos környezet). Az elmúlt 50 évben jelentősen megváltozott a légkör összetétele. A nehézipar leépülésével, illetve a technológiai fejlődés miatt a légkörbe kerülő SO₃ lecsökkent, míg hidak környezetében a szózás miatt a sópáras környezet gyakoribbá vált.

2025. március 5-én tett látogatásunk során megtekintettünk négy időjárásálló acélból készült hidat, valamint egy kísérleti helyszínt is. Idegenvezetőnk a kutatás vezetője dr. Vit Kriyv volt.

D1 AUTÓPÁLYA FELETTI HÍD

A híd az Opavská 2 × 2 sávú utat és egy kétvágányú villamosvonalat vezet át a D1 autópálya felett. A híd nagy tömegű vasbeton alépítményekkel,



1. kép: Időjárásálló acélból készült hossztartók. Alagútszerű kialakítás (széles felszerkezet, magas hídfők) – D1 autópálya feletti híd

időjárásálló acélszerkezettel együttdolgozó vasbeton pályalemezzel készült. A közúti és villamos-vasúti hidak egymástól el vannak választva, így a közös alépítményen tulajdonképpen három különálló áthidaló szerkezet van. A 2001-ben épült szerkezet legfőbb problémája, hogy kialakul benne az ún. alagúthatás, azaz a nyílásszélesség és a lefedett hossz aránya kedvezőtlen, így a híd alatt a sós pára megmarad, a természetes ventiláció nem hordja ki onnan. Ezért ennél a hídnál fokozottabb korróziós folyamatok várhatóak. A hídon egy szélső és egy belső gerendán is mérőhelyet alakítottak ki, ahol próbatesteket helyeztek el és a légköri összetételt mérik. A mérőhelyeken függőleges és vízszintes helyzetű lemezeket is vizsgálnak.

Sókorrozózió szempontjából a legproblémásabb hely a belső I tartók alsó övének felső felülete. Ennek oka, hogy a belső tartókat kevésbé éri az eső és szél, így ide tud lerakódni a por, szennyeződés, ami felszívja a sópárát, és egy korrozív közeget tud létrehozni. Természetesen ügyes konstrukcióval (hosszesés, terelőlemez, zárt kereszt-

metszet stb.) az alsó öv természetes letisztulása megoldható.

Tanulságként megállapíthatjuk, hogy kerülni kell az ilyen jellegű kialakítást, ahol magas és széles hídfők közé beszorulhat a levegő. Vendéglátóink szerint forgalmas autópálya felett sem célszerű az időjárásálló acél alkalmazása, mert a nagy forgalom miatt folyamatos az acélszerkezet sópáras terhelése, és nincs idő a kiszellőzésre. (Ugyanez a probléma betonkorrozózió esetén is jelentkezik.)

VASÚT FELETTI HÍD I.

Ez a híd az Opavská 2 × 2 sávú utat és a 2 vágányos villamosvonalat vezet át a vasútvonal felett. A hídszerkezet 42 éves. Mindhárom szerkezet Gerber-tartó, közbenső csuklós kialakítású 4 támaszú híd. A fix saruk a közbenső pillérek vannak. A közúti hidak ortotrop pályaszerkezettel készültek, ami ritkaságszámba megy. Általánosságban időjárásálló acélszerkezetű hidakat leginkább ösvérszerkezetként építenek, itt azonban a szigetelt pályalemez is acélszerkezetű.



3. kép: Alsóöv-szélesítések az igénybevételnek megfelelően
– D1 autópálya feletti híd



2. kép:
Villamospályát átvezető hidak hosszartói
– D1 autópálya feletti híd



5. kép: Acél zárt szelvényű hosszartók – Vasút feletti híd I.

Korróziós szempontból a problémák a vízvezetés problémáiból és a mozgó részek átázásából adódnak (Gerber-csuklók, dilatációk). A kezelő ennél a hídnál azt a megoldást választotta, hogy a csuklók környezetét

utólagos festéssel látta el (ez a megoldás főként az USA-ban terjedt el).

Vendégátóink véleménye szerint az időjárásálló acélszerkezetek alkalmazása esetén célszerű kerülni a

mozgó alkatrészek (saruk, csuklók, dilatációk) betervezését. Akár pillér-felsőszerkezet kapcsolatnál, akár hídfők-nél az integrált kialakítás célravezetőbb lehet.



4. kép: A Gerber-tartó közbenső csuklója és az ortotrop acél pályalemez időjárásálló acélból



6. kép: Korrózióvédelmi felújítás a sarok környezetében ráfestéssel



7. kép: Elégtelen vízvezetés miatt a villamospálya hídjának ágyazatmegtámasztó gerendája korróziós károsodással



8. kép: Híd alatti tér

D1 AUTÓPÁLYA HÍDJA VASÚT ÉS AZ ODERA- ÁRTÉR FELETT

A híd egyik hídfőjét és annak környezetét tudtuk megnézni, ahol a szerkezethez is feljuthattunk. A völgyhíd osztott pályás, nyitott főtartós kialakítású, ívben fekszik és egyoldali keresztelésű. A két híd között viszony-

lag nagy (~1.5–2.0 m) légrést alakítottak ki. A hídnál a hibás vízvezeték kívül az okozza a gondot, hogy az egyoldali esés miatt a nagy légrést át a szomszédos híd főtartójára kerül a sós hólé, illetve sós permet. A légrés lefedésével a probléma orvosolható lenne, ez azonban nem történt meg a híd teljes hosszán. A légrést a vizsgálókocsi helyén lefedték, így ez a szakasz referenciaként szolgál a vizs-

gálatokhoz. Amennyiben a vízvezeték helyreállítanák valamint a légrést lefednék, akkor a problémák nagy része orvosolható lenne.

A híd részletkialakításai kiválóan sikerültek, a vízmegállási helyeket vízterelő lemezekkel látták el. A pillérekön és a hídfőkön rozsdás folyásnyomok nincsenek, így ez a híd – a fenti problémák kiküszöbölésével – kiváló példa lehet hasonló hidak létesítéséhez.



9. kép: Odera-ártér és a felette lévő D1 autópálya hídja



10. kép: Vizsgálókocsi a két híd közötti tér vizsgálatához (felette lefedett légrés)



12. kép: Vízterelő lemez a hídfők környezetében



11. kép: Főtartók oldalsó nézete



13. kép: Hídfők látványa

VASÚT FELETTI HÍD II.

A negyedik hídszerkezet szintén vasút feletti, osztott pályás, íves, többtámaszú híd volt. A pályánként 4-4 darab hossztartóval és kereszttartókkal készült acélszerkezet együttdolgozó vasbeton pályalemezzel épült. Ennél a szerkezetnél a légrést lecsökkentették, így az előző hídnál tapasztalt problé-

mákat kiküszöbölték. A hídszerkezet alátámasztása a kereszttartókon történik.

A helyszíni bejáráson itt mutatták be, hogy hogyan helyezik el a vizsgálati elemeket a hídon, hogyan távolíthatók el egyszerűen, valamint megnézhettük testközelből az I tartó alsó övének felső és alsó felületén tapasztalható különbségeket. Megjegyzendő,

hogy a korróziós veszteség a nanométeres tartományban van, míg az itt alkalmazott alsó övek ~40 mm vastagságúak, tehát elhanyagolható erőtani szempontból. Vendéglátónk ezért is jegyezte meg, hogy tapasztalataik alapján a méretezésnél hagyott 2-3% teherbírási tartalék bőven kompenzálja a korróziós veszteséget.



14. kép: Híd alatti tér a keskeny légréssel



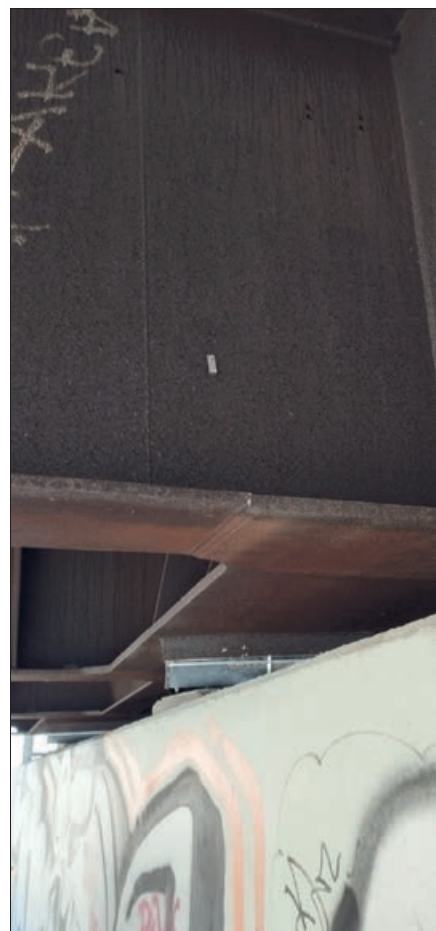
15. kép: Benmaradó kereszttartók a hossztartók között



17. kép: Hídvég részlete



16. kép: Alsó öv felső felülete



18. kép: Saru részletcsomópontja

Kísérleti pont

A 11. sz. 2×2 sávú úton egy bevágásban lévő pálya feletti hídnál kísérleti keresztmetszetet hoztak létre. Az útpályától egyenletes távolságokban mérőpontokat helyeztek el, ahol a légköri alkotókat és ezek korróziós hatását mérik (időjárásálló acél és beton próbatesteken). A légköri sókoncentrációt kétfajta szabványos (EN ISO 9225) módszerrel is vizsgálják; a „wet candle” és a „dry plate” módszerrel. A „dry plate” módszer előnye, hogy külön tudták vizsgálni a függőleges és a vízszintes felületre rakódó kloridionmennyiséget. Ezzel a mérésorozattal

a korróziós folyamat szózott úttól való távolsági hatását vizsgálják.

ÖSSZEFOGLALÁS

Ez a tanulmányút megerősített benünket abban, hogy Magyarországon is megfelelő hídszerkezetek építhetők időjárásálló acélból. A hangsúly a részletek megfelelő kialakításán van. Ehhez széles körű irodalom áll a tervezők és építők rendelkezésére. Vendég látóink véleménye szerint vízfolyások és folyók felett elsődlegesen ezt az időjárásálló acélanyagot kell előnyben részesíteni, hiszen a folyó felett végzett környezetkárosító bevonatcserek

teljesen elkerülhetőek ezáltal. Viszont nagy forgalmú autópályák felett alagútszerű kialakítással nem javasolt az alkalmazása a sópára nagy koncentrációja és az esetleges lokális vízvezetési problémák miatt. Összességében völgyhidak, vízfolyáshidak, útpálya alatti vadátjárók, vasutak és kis forgalmú főutak felett, valamint nehezen megközelíthető szerkezetek esetén az időjárásálló acél alkalmazása egy kiváló alternatíva. Kíváncsian várjuk a 10 éves kísérletsorozat lezárását és az eredmények kiértékelését, amelyet (reményeink szerint) – a hazai hídépítésben is alkalmazni tudunk majd!



19. kép: Mérőpontok az autópálya oldalrészűjén



20. kép: „wet candle” és a „dry plate” mérések



22. kép: →
Mérőpont acél próbatestekkel és beton próbakockákkal



21. kép: Híd oldalfelületére helyezett időjárásálló acél mérőtest és „wet candle” mérőpont

SIKERESEN LEZAJLOTT AZ ELSŐ IWSD KÉPZÉS A BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEMEN

ELŐZMÉNYEK

2022 júniusában a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés (MHtE) azzal a javaslatlal fordult a BME Hidak és Szerkezetek Tanszékhez, hogy szervezze meg hazánkban az International Institute of Welding (IIW) nevével fémjelzett International Welded Structures Designer (IWSD) képzést. A felkérés nagy megtiszteltetés volt a tanszékünk számára, és az első személyes találkozó után azonnal megkezdtuk a szervezési munkálatokat. Ennek részeként felvettük a kapcsolatot a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékkel. A Gépészmérnöki Karon jelentős tapasztalat halmozódott fel hasonló szakirányú továbbképzés indítása kapcsán, így rendkívül értékes tanácsokkal és információkkal láttak el minket. Ezúton is szeretnénk kifejezni köszönetünket önzetlen segítségükért. Elképzelésünk szerint nem csupán egy nemzetközi diploma megszerzését kívántuk elérhetővé tenni a jövőbeni résztvevők számára, hanem egy magyar nyelvű, a BME által kiállított szakmérnöki diploma megszervezését is célul tűztük ki. Ennek érdekében részletesen kidolgoztuk a képzés tematikáját, összhangban az IIW nemzetközi irányelveivel. A szakirányú továbbképzési szak alapítását és indítását a BME Építőmérnöki Kar indítványozta, amelyet 2022 decemberében az egyetem Szenátusa egyhangúlag támogattott, és 2023 márciusában a képzést az Oktatási Hivatal nyilvántartásba vette.

AZ ELSŐ ÉVFOLYAM

2023 szeptemberében elindult az első IWSD képzés és a Hegesztéstechnikai-tervező szakmérnök szakirányú továbbképzési szak a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék gesztorálásában. A két féléves program tizenöt hallgatóval kezdte meg működését, akik főként híd- és magasépítéssel foglalkozó építőmérnöki tervező és kivi-



1. ábra: IWSD-S nemzetközi diplomát szerzett hallgatók 2024 februárjában

telező cégektől, hegesztett vasúti járműszerkezeteket, illetve mezőgazdasági gépeket tervező vállalatoktól, valamint a repülőipar területéről érkeztek. Az első félév során a hallgatók négy alapoó tantárgyból, illetve modulból vizsgáltak, melyek a következők: Hegesztéstechnológia (M1), Szilárdságtan (M2), Hegesztett szerkezetek tervezése I (M3), valamint Gyártási költségek, minőség és ellenőrzés (M7). Az oktatásba nemcsak tanszékünk munkatársai kapcsolódtak be, hanem az ipar szakértőit is bevontuk. Ezenkívül az BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék, valamint a Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék munkatársai, illetve a Dunaújvárosi Egyetem és a Miskolci Egyetem oktatói is hozzájárultak a szakterületükhöz kapcsolódó témák magas színvonalú átadásához. A felsorolt modulokból történő írásbeli vizsgák teljesítésével lehetőség nyílt IWSD-S (Standard szintű) nemzetközi oklevél megszerzésére. A követelményeket összesen hat hallgató teljesítette (1. ábra).

A képzés második félévében a résztvevők három további specializációs tantárgy ismeretanyagával bővítették tudásukat: Hegesztett kötések tervezése (M4), Hegesztett lemez- és héj-

szerkezetek tervezése (M5), valamint Hegesztett szerkezetek tervezése II (M6). A hallgatók olyan gyakorlati kompetenciákat szereztek, amelyek közvetlenül alkalmazhatók a mindennapi mérnöki munkában. Többek között megismerték a konstrukciók kialakítások hatását szerkezeti, kivitelezhetőségi és vizsgálhatósági szempontok szerint, valamint elmélyültek a „design for purpose” koncepcióban. Ezen túlmenően valós laboratóriumi kísérletekbe nyerhettek betekintést, mely nemcsak a BME Hidak és Szerkezetek Tanszéken és a Szerkezetvizsgáló Laboratóriumban folyó intenzív kutatás-fejlesztési tevékenységnek, hanem a széles körű ipari megbízásoknak is köszönhető. Bemutatták a fejlett végelemes szoftvereket, melyek segítségével olyan mérnöki problémák megoldásában szerezhettek jártasságot, mint a stabilitásvesztés, fáradás modellezése, vagy a varratjavító eljárások hatásának elemzése a szerkezetek viselkedésére vonatkozóan. A képzés során szerzett ismeretek a gyakorlatban is azonnal kamatoztathatók, jelentősen bővítve a hallgatók tervezési és elemzési eszköztárát. 2024 júniusában a specializációs modulokból tett írásbeli vizsgák sikeres teljesítésével a résztvevők számára lehetőség nyílt

az IWSD-C (Comprehensive szintű) nemzetközi oklevél megszerzésére. A képzés követelményeit összesen tizenhárom hallgató teljesítette sikeresen (2. ábra).

A júniusi és októberi szakmérnöki záróvizsgákon összesen tizennégy hallgató szerezt meg a BME által kiállított hegesztétszerkezet-tervező szakmérnök oklevelet (3. ábra). Az oklevél elnyeréséhez a résztvevőknek szóbeli vizsgán kellett bizonyítaniuk tudásukat, valamint egy szakdolgozatot is

készítettek, amelyet a kijelölt bizottság előtt védtek meg. A védések és vizsgák szép eredménnyel zárultak, nyolc hallgató kitüntetéses szakmérnöki oklevelet vehetett át. A képzés hallgatói rendkívül sokszínű mérnöki hátteret képviseltek, ami a szakdolgozatok témáiban is tükröződött. A dolgozatokban gyakran a fáradási jelenségek és a teherbírás kérdései kerültek előtérbe, de gazdasági aspektusok is jelentős szerepet kaptak. Emellett specifikus témák is megjelentek, például UAV

légi járművek hegesztett teherhordó szerkezetének tervezése és gyártása, illetve a hegesztett és csavarozott kötés együttműködésének vizsgálata. Néhány kiemelt szakdolgozat rövid kivonata a lap hasábjain is olvasható.

Az első évfolyam sikeres végzését követően 2025 szeptemberében újra elindítjuk a képzést, figyelembe véve az eddigi tapasztalatokat. További részletek a cikk utáni felhívásban találhatóak. A képzésre várjuk az érdeklődő kollégákat.



2. ábra: IWSD-C nemzetközi diplomát szerzett hallgatók 2024 júniusában



3. ábra: Hegesztétszerkezet-tervező szakmérnök diplomát szerzett hallgatók



Honlapunkon a MAGÉSZ Acélszerkezetek előző számai is olvashatók.

www.magesz.hu



Hegesztetszerkezet-tervező szakmérnök

szakirányú továbbképzési szak és

**Nemzetközi hegesztetszerkezet-tervező (IWSD) képzés indul
a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen**

HEGESZTETTSZERKEZET-TERVEZŐ SZAKMÉRNÖK SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK

keretében a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar **2025 szeptemberében** indítja második évfolyamát a Hegesztetszerkezet-tervező szakmérnök szakirányú továbbképzési szakon. A képzés 2 féléves, szakdolgozat megvédésével és záróvizsgával végződik, amelyen a Jelöltek – sikeres vizsga esetén – **hegesztetszerkezet-tervező szakmérnök** oklevelet szerezhetnek.

A szakmérnöki képzés tanterve és tananyaga az IIW (Nemzetközi Hegesztési Intézet) által előírt követelményeket maradéktalanul kielégíti, ezért a résztvevők a szakmérnöki oklevél mellett **Nemzetközi hegesztetszerkezet-tervező (IWSD-S és/vagy IWSD-C) diplomát** is szerezhetnek.

Kinek ajánlja a Kar a képzést? Mindazoknak, akik munkájukat a legújabb elméletek és technológiák ismeretében szeretnék végezni az általánosan előforduló és az átlagostól eltérő egyedi, különleges acélszerkezetek tervezésekor is, vagy szeretnének ilyen feladatokra felkészülni. A képzés alatt megszerezhető kompetenciák biztos alapot nyújtanak ipari-technológiai, mezőgazdasági és sportlétesítmények, egyéb magasépítési, közlekedési létesítmények (pl. híd-szerkezetek), energiaelőállítási és -szállítási rendszerek, valamint szállítóeszközök, járművek hegesztett szerkezeteinek tervezéséhez. A **Hegesztetszerkezet-tervező szakmérnökök** a komplex, interdiszciplináris problémák kezelését modern, a nemzetközi gyakorlatnak megfelelő módszerekkel, modellekkel lesznek képesek megoldani. A továbbképzés az alábbi témakörökre fókuszál:

- Hegesztéstechnológiai ismeretek
- Méretezési alapismeretek
- Gazdálkodási és minőségirányítási ismeretek
- Specializált méretezési, konstruálási ismeretek

A képzés önköltséges, a tandíj félévenként 500 E Ft/fő, ami magában foglalja a képzés, a bemutatásra kerülő roncsolásos/roncsolásmentes vizsgálati módszerek és terheléses laboratóriumi kísérletek, a gyakorlati munka és diplomatervezés konzultálásának díját, valamint hozzáférést a digitális oktatási tananyagokhoz. A nemzetközi diploma vizsgadíja IWSD-S (alap) és IWSD-C (átfogó) szintek esetén egyaránt további 66 E Ft vizsgánként.

A képzés bemeneti feltétele: építőmérnöki, építészmérnöki, gépészmérnöki, közlekedésmérnöki és járműmérnöki alapképzési (korábban főiskolai) szintű szakon szerzett végzettség, de más mérnöki alap- és mesterszakon végzetek felvételére is lehetőség van egyéni elbírálás alapján.

Jelentkezés: A képzésre az önéletrajz és a diploma másolatának megküldésével lehet jelentkezni.

Dr. Kollár Dénes, IWSD képzés koordinátora

E-mail: kollar.denes@emk.bme.hu

Tel.: +36 1 463 1741

Honlap: <https://epito.bme.hu/szakiranyu-tovabbkepzesek>

Jelentkezési határidő: 2025. augusztus 31.

KÖNNYŰSZERKEZETŰ, MULTIFUNKCIÓS UAV LÉGI JÁRMŰ HEGESZTETT TEHERHORDÓ SZERKEZETÉNEK TERVEZÉSE ÉS GYÁRTÁSA

1. BEVEZETÉS

Jelen cikk egy könnyűszerkezetű, pilóta nélküli repülőgép (UAV) hibrid kötésű térrácsszerkezetének anyagvizsgálata, tervezési és gyártási szempontjait elemzi. Bemutatja az UAV-k jelentőségét és alkalmazási lehetőségeit a jelenben és a jövőben, valamint részletesen tárgyalja az aerodinamikai és repülésmechanikai követelményeket, azok kapcsolatát a hegesztett–ragasztott vázszerkezet konstrukciójával. A tanulmány a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidak és Szerkezetek Tanszéken, a hegesztétszerkezet-tervező szakmérnök képzés keretében készült szakdolgozat főbb eredményeit mutatja be.

2. PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK SZERKEZETI FELÉPÍTÉSE ÉS A KÖTÉSTECHNOLÓGIA

A pilóta nélküli repülőgépek (UAV) kialakítása rendeltetésük szerint eltérő, leggyakoribb típusai a merev szárnyas, helikopter- és multikopterrendszerek. Fejlődésük a pilóta vezette repülőgépek evolúciójához kapcsolódik, kezdetben katonai, majd polgári célokra is elterjedtek. A szerkezeti kialakítás során a tömeg minimalizálása és a hasznos teher (payload) maximalizálása elsődleges szempont, ezért a modern UAV-k szálerősítéses kompozit anyagokból [1. a) ábra], 3D nyomtatással készült fém- és műanyag elemekből, valamint hibrid szerkezetekből épülhetnek fel. A hibrid konstrukciók esetében a teherviselő vázat célszerű fém-kompozit társításokból elkészíteni [1. b) ábra].

A több forgószárnyas UAV-k esetében gyakori a teljes vagy részleges térrácsszerkezeti kialakítás, amely legtöbbször hegesztett konstrukció, de előfordulhatnak toldott-csavazott kapcsolatok is. Az alkalmazott alapanyagok tipikusan rozsdamentes acélok és hegeszhető acél- és alumíniumötvözetek, míg nagyobb merevség és tartósság érdekében titánötvözetek is használhatók. A megfelelő hegesztéstechnológia kiválasztása az UAV méretétől, a térrács bonyolultságától és az alkalmazott elemek falvastagságától függ. Kis szériás vagy egyedi gyártású, vékony falú csőszerkezetek esetén a volfrámelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztés (TIG) és a plazmasugaras eljárások előnyösek. Közepes vagy tömeggyártású, nagyobb teherbírású drónok esetében vastagabb falú csövek és gerendatartók alkalmazása indokolt, ekkor a huzalelektrodás ívhegesztő eljárások (MIG/MAG) és az automatizált robothegesztés kerül előtérbe.

3. TERVEZÉS HÁTTERE, KRITÉRIUMOK

A szakdolgozat és a cikk középpontjában a Genevation Aircraft Kft. által fejlesztett Gen6L-HXC jelű, könnyűszerkezetű, hatrotoros UAV áll, amely multifunkciós felhasználásra készül. A tervezési folyamat során figyelembe vett mérnöki kritériumokat az ICAO (Polgári Repülés Nemzetközi Szervezete) és az EASA (Európai Unió Repülésbiztonsági Szervezete) szabályozásai alapján határozták meg, különös tekintettel a repülésbiztonsági követelményekre. Az UAV a C3 vagy C4 kategóriába sorolható, amelyet többek között a maximális felszálló tömeg (≤ 25 kg), a mé-



1. ábra: a) Szálerősítéses kompozit kialakítású UAV szárny belső szerkezetének részlete,
b) UAV teherhordó drón vázszerkezete hibrid kötés technológiával (saját fotók)



2. ábra: Egyszerű, hegesztett térbeli térrács tömegcsökkentésének lehetősége hibrid társítások alkalmazásával (saját ábra)



3. ábra: a) Könnyűszerkezetű, hatrotoros UAV tartószerkezeti felépítése, b) végelelemes modell részlete (saját ábrák)

rethatarok (≤ 3 m), az elektromos meghajtás és a 120 méteres repülési magasság korlátozása jellemző. A Gen6L-HXC egy ún. X geometriájú hexacopter, amely redundáns meghajtási rendszerének köszönhetően növelt stabilitást és biztonságot biztosít. A szerkezeti felépítés tekintetében a központi teherviselő egység fő kritériuma az alacsony üres tömeg és a moduláris kialakítás, amely lehetővé teszi a különböző rakományok hordozását. Az alkalmazott centrális egységelemnek a különlegessége a hibrid felépítés, a konstrukció hegesztett és sajtolt–ragasztott kötéstechológiák vegyes alkalmazásával készül. Általános esetben a térbeli rácsszerkezetben alkalmazott titán–karbon vagy acél–karbon hibrid anyag-társítások legfőbb előnye a szerkezeti tömeg csökkentésének lehetősége, miközben a mechanikai jellemzők nem szenvednek hátrányt – ellentétben a hegeszthető alumínium-ötvözetek használatával, amelyeknél gyakran kompromisszumokra van szükség. A 2. ábrán egy egyszerű, hegesztett rácsos tartó optimalizálási (tömeg-minimalizálási) lehetőségét mutatom be hibrid társítások alkalmazásával. A tartószerkezet 1.7734 (15CDV6) unikális repülőipari acélötvözetből felépítve $m = 5.6$ kg, a vízszintes, függőleges és diagonál elemeket szálerősítéses karboncsövekre kiváltva $m = 3.5$ kg, míg az acélötvözet helyett titánötvözetet alkalmazva $m = 2.3$ kg érhető el. Ez összességében a tartószerkezet tömegének 60%-os csökkenését jelenti.

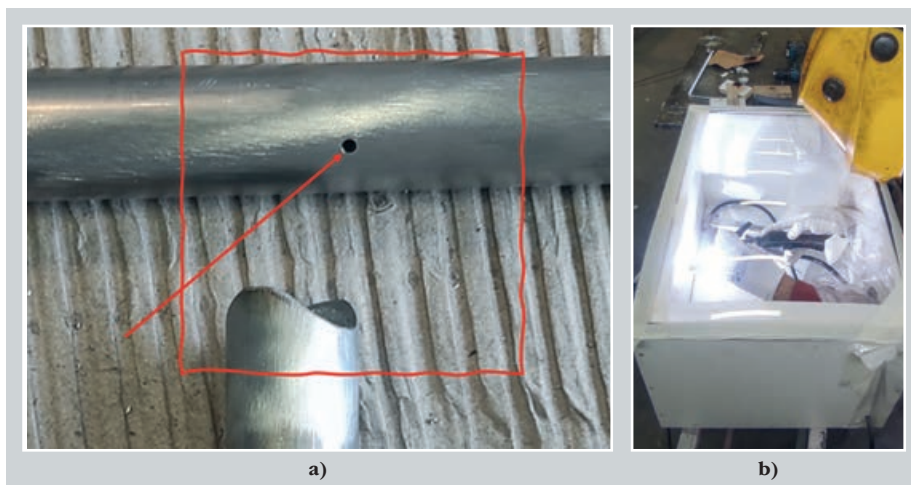
A tervezett UAV teherviselő váza titánötvözetből és pultrudált karbon–epoxi kompozitból készül [3. a) ábra], amely nagy szilárdság–tömeg arányt biztosít, tömege mindössze 3 kg. A hegesztett térváz ultrakönnnyű karbon-méh-sejt szendvicspaneleket fogad. A burkolat kompozit héj-elemként funkcionál, amely védi az UAV belső elektromos rendszereit. A méretezést háromdimenziós végelelemes

modell alkalmazásával, másodrendű analízis alapján végeztem el [3. b) ábra], ennek részleteit a cikkben terjedelmi korlátok miatt nem közlöm. A kereskedelmi ötvözetlen titán szakítószilárdsága $R_m = 400$ MPa, míg speciális ötvözetei akár $R_m = 1400$ – 1600 MPa szilárdságot is elérhetnek. A titán ezüstfehér színű, kiváló korrózióállóságú, bizonyos környezetekben jobb, mint a rozsdamentes acél. 882 °C-on allotrop átalakuláson megy át, és martenzites átalakulás jellemzi. Forgácsoló megmunkálása nehéz, nem mágnesezhető, alakítással keménysége növelhető. A tiszta titán jól hegeszthető. Az ötvöztetés javítja a mechanikai tulajdonságokat, de egyes adalékok rontják a korrózióállóságot. Az ötvözetek három típusba sorolhatók:

- α -típus: Fő ötvöző eleme az alumínium és ón, szakítószilárdsága $R_m = 850$ – 950 MPa, jól hegeszthető.
- β -típus: Fő ötvözőeleme a króm, vas és vanádium, szakítószilárdsága $R_m = 950$ – 1200 MPa, hegeszthetőség szempontjából kedvezőtlenebb a metastabil β -fázis miatt.
- α - β típus: Vegyes ötvözők jellemzik (alumínium, vanádium, króm, ón, molibdén, cink), szakítószilárdsága $R_m = 1200$ – 1400 MPa, hegeszthetősége a β -fázis mennyiségétől függ.

4. TITÁN–KARBON HIBRID HEGESZTETT–RAGASZTOTT SZERKEZET KÖTÉS- ÉS GYÁRTASTECHNOLÓGIÁJA

A titán alkalmazása a repülőiparban az 1960-as években, az α - β típusú Ti-6Al-4V és az ötvöztetlen Ti Grade 2 típusokkal kezdődött. A titánötvözetek hegesztése különleges technológiai kihívásokkal jár, mivel az oxigén, nitrogén és hidrogén könnyen oldódik benne, ezek a szennyeződések ridegítik



4. ábra:

- a) Titáncsővek T-kötés előkészítési munkálatai, belső gáz vezető furat kialakítása,
 b) hegesztés teljes térvédelem biztosítása mellett (saját fotók)

a fém szerkezetét. A titán hegesztése tiszta, szennyeződésmentes környezetben, oxigéntől elzártan kell történnie, ami korlátozza a hegesztési eljárásokat. A titán hővezetési tényezője szobahőmérsékleten alacsony [$\lambda = 22 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$], ami egyfelől előnyös a keskeny hőhatásvezet szempontjából, másfelől hátrányos, mivel a felhevült zóna lassabban hűl le, ami szemcsedurvuláshoz vezethet. Ezt a problémát hűtéssel és kis hőbevitellel lehet elkerülni. További problémát jelenthet a porozitás, amelyet a huzat és a levegő nedvességtartalma okozhat. A titán hegesztése elsősorban védőgázos eljárásokkal ajánlott, mint a TIG- és a plazmahegesztés, a lézer- és elektronsugaras eljárások orvosi vagy speciális ipari alkalmazásokra használhatók. A TIG- és plazmahegesztés során szerzett tapasztalataimat az alábbiakban foglalom össze.

Konstrukciós szempontból fontos, hogy a titán hegesztésekor ne alkalmazzunk túlméretes varratokat, és az alkatrész méretét minimalizáljuk, mivel a titán rendkívül drága, és a nagyobb méret, vastagabb anyag nehezíti és költségesebbé teszi a hegesztést. Törekedni kell az egysoros hegesztésre, vagy ha szükséges, akkor a többsoros hegesztést minimális számú sorban végezzük. Kisebb, nem nagy mechanikai igénybevételnek kitett alkatrészeknél elegendő a részleges térvédelem, de nagyobb egységeknél teljes térvédelem szükséges. Az előkészítés kulcsfontosságú, mivel ez meghatározza a varrat minőségét. A következő előkészítési lépéseket kell elvégezni, mellyel biztosítható a minőségi hegesztés és az alkatrészek hosszú élettartama:

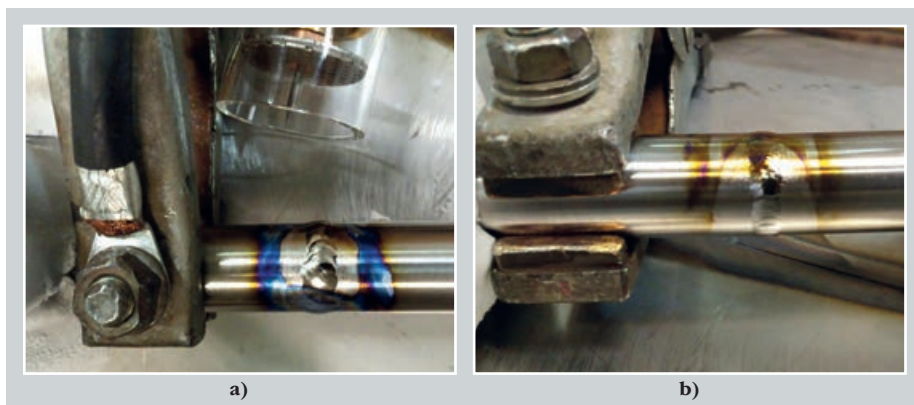
- Alapanyag és hegesztőanyag átvizsgálása: Ellenőrizni kell a műbizonylatokat, az azonosítószámokat, és szemrevételezéssel meg kell vizsgálni az előgyártmányt.
- Felület- és él előkészítés: Célszerű plazma- vagy lézervágást alkalmazni, kerülni kell a lángvágást, amely szennyezheti a vágott éleket. A megmunkáló szerszámoknak titánalapú ötvözetekhez megfelelőeknek kell lenniük.
- Tisztítás: A hegesztési környezetet alaposan tisztítani kell, és a felületi titán-oxidot mechanikusan kell eltávolítani, ezt ajánlott rozsdamentes eszközökkel megtenni.
- Zsirtalanítás: Az oxidréteg eltávolítása után zsirtalanítás kell végezni, többször is megismételve, és hegesztés előtt ismét elvégezve. Zsirtalanításhoz tiszta szesz vagy aceton használata javasolt.

A titán hegesztésének minősége nagymértékben függ a gázvédelmi körülményektől, amelyet a munkadarab geometriája is befolyásol. Csövek hegesztése esetén a védőgáz áramlása könnyen biztosítható, míg összetettebb

tartószerkezetek esetén belső gázáramlást és kisméretű furatokat alkalmaznak a védelmi rendszerek kialakítására [4. a) ábra]. Amikor a mechanikai szilárdság nem kritikus, például kis kihasználtságú rendszerekben, elegendő lehet részleges térvédelem is. Azonban a legjobb minőségű varratok teljes térvédelemmel [4. b) ábra] garantálhatók, amely során a hegesztést egy gázzal feltöltött kamrában kell végezni. A gázvédelmet argonnal biztosítják, és a hegesztéshez alkalmazott oxigéntartalom 10–20 ppm között kell, hogy legyen. Ennek mérésére speciális oxigénmérő eszközt használnak, vagy gyertyával ellenőrzik az oxigén mennyiségét. A csőszerkezetektől eltérő geometriák esetén, mint például lemezek vagy bonyolult formák, nehezebb teljes térvédelmet biztosítani, ilyenkor speciális céleszközökre van szükség. Elektronsugaras hegesztéssel vákuumban is kialakíthatók varratok. A szerző személyes tapasztalatai alapján a titán hegesztése egyedi kialakítású kamrákban, teljes gázvédelemmel és szigorú biztonsági intézkedésekkel végezhető el a legbiztonságosabb munkakörnyezetben. Különös figyelmet kell fordítani az argon veszélyességére, ami nagyobb mennyiségben belélegezve halált okozhat. Kamrában történő hegesztés során a helyszínen orvosi személyzet biztosítása javasolt, különösen hosszú ideig tartó hegesztési munkák esetén. Bizonyos esetekben a munkavégzők élettani paramétereinek a monitorozása is indokolt lehet.

A titán és ötvözetek hegesztése során az anyag már 200–250 °C hőmérsékleten jelentős mennyiségű oxigént képes oldani, ezért elengedhetetlen a megfelelő gázvédelem. A védőgázos eljárások közül a TIG- (volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztés) és a plazmahegesztés bizonyult a legalkalmasabbnak. A huzalelektrodás hegesztési eljárások kevésbé hatékonyak, mivel a huzal tisztán tartása nehézkes, a hegesztési körülmények szélsőséesebbek, és különösen a koronaoldali gázvédelem nem biztosítható optimálisan.

TIG-hegesztés esetén egyenáramú egyenes polaritás alkalmazása szükséges. A kézzel adagolt hozaganyagot végig a védőgáz atmoszférájában kell tartani, mert annak végén 200 °C felett már oxigénoldódás és szennyeződés léphet fel. Ha a hegesztési folyamat megszakad, például pozícióváltás miatt, a hozaganyag védőgázból kikerülő végét ajánlott újrakezdés előtt levágni vagy lecsípni. Vékony ($t < 1 \text{ mm}$) titánlemezek esetén az autogén hegesztés (hozaganyag nélkül) is alkalmazható, ahol a hegesztőpisztoly merőleges pozicionálása biztosítja az optimális varratképzést. A titán hegesztése során a volfrámelektrodát



5. ábra:
 a) Futtatási szín megjelenése közvetlenül a hegesztés környezetében,
 b) arany és ezüstös varrat koronaoldali képe, nagy valószínűséggel jó kötésről árulkodik (saját fotók)

magasabb hőmérsékletű előterhelésnek kell kitenni, ezért célszerű rézlemezen ívet fogni vagy előmelegítést alkalmazni. A lehető legkevesebb fűzési pont kialakítása ajánlott, mivel ezeknél is gondoskodni kell a megfelelő gázvédelemről. Mechanikai szempontból kritikus körvarratok esetében az induló- és záróvarratok találkozási pontját át kell olvasztani, hogy homogén kötést biztosítsunk. Mivel a hegesztés kezdő és kifutólemezen nem indítható vagy fejezhető be, az átolvasztás és többlet hozaganyag elkenése elengedhetetlen. A TIG-hegesztés jellemzően 0,5–4 mm falvastagságig alkalmazható, de többsoros varratokkal nagyobb keresztmetszetű kötések is kialakíthatók. Az optimális áramerősség technológiai próbákkal határozható meg, a gázáramlás sebessége pedig kísérleti úton kalibrálható. Túlzott gázáramlás esetén a varrat homorúvá válhat, besimulhat az alapanyag síkjáig, pikkelyes, töredezett vagy porózus szerkezetet eredményezve. Az alacsony gázáramlás erős oxidációs elszíneződést [5. a) ábra] okozhat, amely titán hegesztésénél bizonyos mértékig elkerülhetetlen. A hegesztési varrat kontúrjának és futtatási színének [5. b) ábra] vizsgálata segíthet az értékelésben: ezüstös, arany, kék, vörös és bíbor átmenetes árnyalatok általában megfelelő hegesztési minőséget jeleznek.

A vegyes kötés kialakítása során nagy szilárdságú ($R_m > 1000$ MPa) karboncsövekbe sajtolt–ragasztott fém toldóelemeket integrálunk, amelyeket megfelelő pozicionálás és áthatás után hegesztéssel rögzítünk a szomszédos elemekhez. A kompozit csőbe helyezett fém toldatanyagának meg kell egyeznie a kapcsolódó elemek anyagával, hogy biztosított legyen a metallurgiai kompatibilitás a hegesztési zónában. Cél a heterogén csőszakaszok kialakítása, amelyeket dominánsan húzó- és nyomóterhelésre, valamint kihajlási stabilitás szempontjából kell méretezni. A kötések szilárdságának meghatározása során:

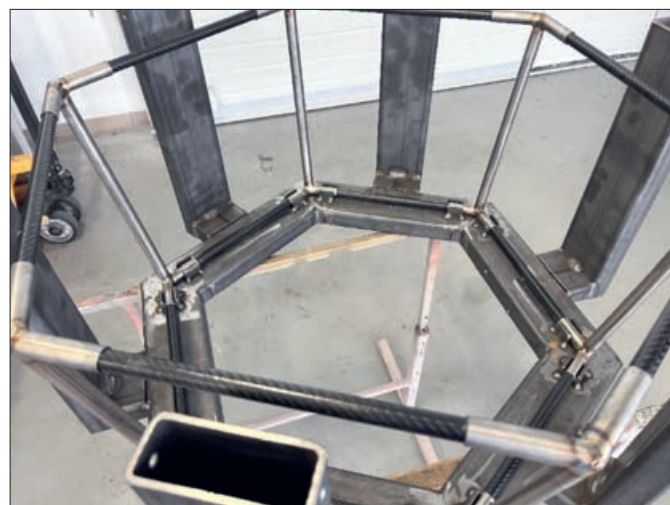
- A sajtolt–ragasztott kötéseknel a lefejtő szilárdságot (τ) kell meghatározni, melyet módosító tényezőkkel kell korrigálni, amelyek függenek a felületi érdességtől, illesztési hézagtól, hőmérsékleti és terhelési tényezőktől.
- A tompán hegesztett kötéseknel a körvarrat szakítószilárdságát kell számítani, figyelembe véve a varrat külső és belső átmérőjét, valamint a gyökméretet.

A térváz gyártása négy fő lépésre tagolódik az alábbiak szerint:

- első lépésben a titán–karbon hibrid csőelemek készülnek el sajtolási–ragasztási technológia alkalmazásával,
- második lépésben az alsó sík hatszög alakú rendszer hegesztése történik sablonban,
- harmadik fő folyamat a felső sík elkészítése (hasonlóan az alsóhoz),

- utolsó lépésként a két síkot oldalsó összekötő közösítővel egyesítik, és az oldalsó titán integrációs csöveket helyezik be (6. ábra).

A hibrid kötés térrácsba történő beépítésekor különösen fontos, hogy a sajtolt–ragasztott kötést védjük a hegesztési hőhatástól. Ezt túlhűtéssel érjük el, amelyet a hegesztés teljes időtartama alatt fenn kell tartani.



6. ábra: Teherviselő titán–karbon hibrid rácsszerkezet és gyártósablon (saját fotó)

5. LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK

A térrácsos szerkezet egyes kötéseinek elemzéséhez laboratóriumi vizsgálatokat végeztem a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidak és Szerkezetek Tanszék laboratóriumában, illetve a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék bevonásával. A vizsgálatok célja a kötési technológiák teherbírásának, anyagszerkezeti tulajdonságainak és az alkalmazott hibrid szerkezetek viselkedésének részletes feltérképezése volt. Az alábbi jellegzetes kialakításokat vizsgáltuk:

- titán–titán csövek hegesztett tompakötéseinek szakítóvizsgálata,
- titán–titán csövek hegesztett tompakötéseinek hárompontos hajlítóvizsgálata,
- titán–titán csövek hegesztett T-kötéseinek szakítóvizsgálata,
- titán–karbon csövek ragasztott kötéseinek lefejtővizsgálata,
- titán–karbon–titán csövek ragasztott és hegesztett kötéseinek lefejtő–szakítóvizsgálata,

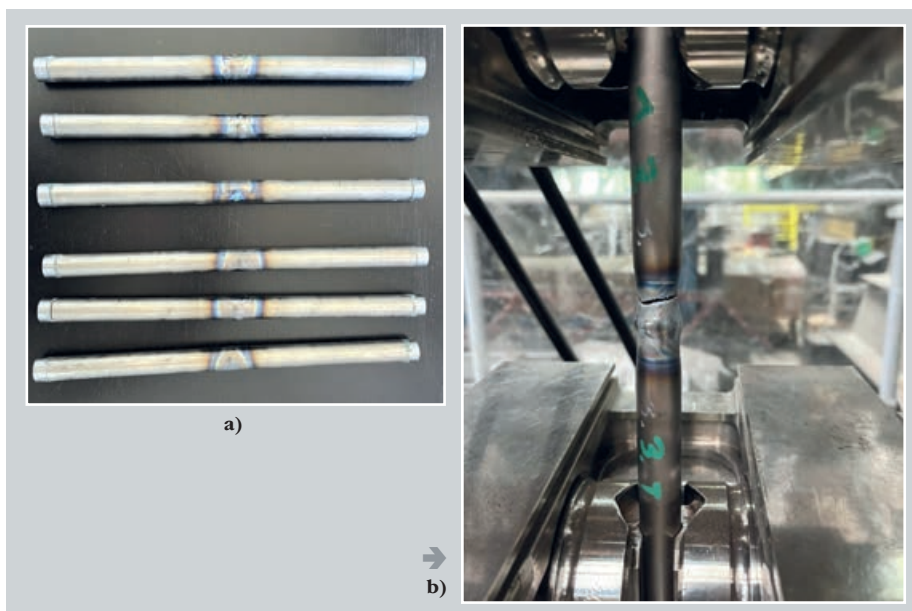
- mikro- és makroszkópi vizsgálatok, valamint keménységmérés homogén titán–titán csövek esetében Y-kötésből kimunkálva,
- titán–titán vastaglemezek hegesztett tompakötéseinek ütőmunka-vizsgálata.

A titán–titán csövek hegesztett tompakötéseinek szakítóvizsgálatához $D = 19.05$ mm átmérőjű, $t = 1.65$ mm falvastagságú, $L = 300$ mm hosszú cső próbatesteket használtam [7. a) ábra]. A mintákat acéldugókkal láttuk el a megfogás környezetében összeroppanás ellen. A vizsgált hat minta mindegyike jelentős képlékeny tartalékkal rendelkezett. A szakadások kivétel nélkül a varrattól távolabb, a hőhatásövezetben vagy az alapanyag tiszta részén következtek be, ami igazolja a hegesztési technológia megfelelő kivitelezését [7. b) ábra]. A szakítószilárdság átlaga 410 MPa, ez az érték meghaladja a gyártó által garantált minimális $R_m = 345$ MPa értéket.

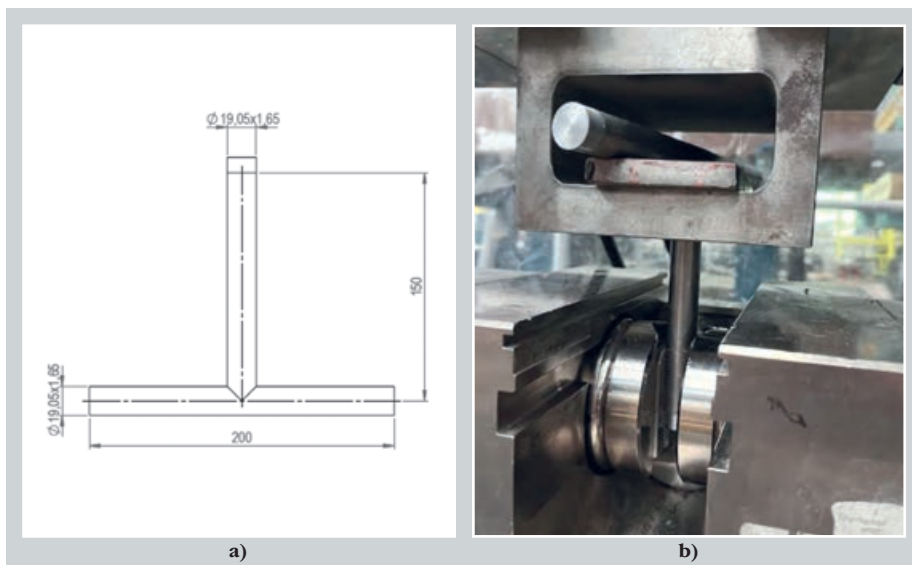
A titán–titán csövek hegesztett T-kötéseinek szakítóvizsgálata során mind a négy vizsgált minta megfelelő képlékenységi tartalékkal rendelkezett, a törés itt is minden esetben a varrattól távolabb következett be. A szakítószilárdság

átlaga 366 MPa, ami $\sim 10\%$ -kal alacsonyabb, mint az axiális irányú tompakötésű mintán mért eredmény, azonban meghaladja a gyártó által garantált minimális szakítószilárdságot. Ennek oka, hogy a T-kötés vizsgálata nem tisztán húzó igénybevétel alatt történt, hanem a befogás következtében némi hajlítás is jelentkezett, ami járulékos terhelést okozott. A próbatestek méreteit és a vizsgálati elrendezést a 8. ábra szemlélteti.

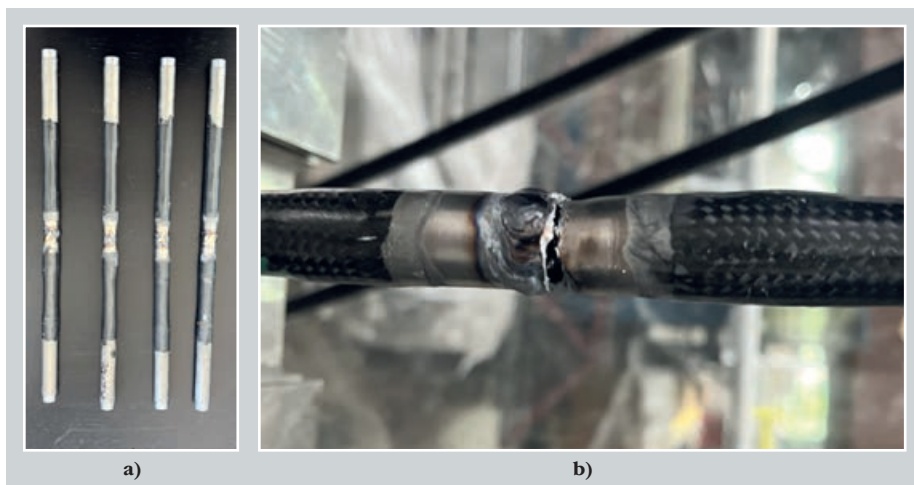
Titán–karbon–titán hibrid csövek lefejtő-szakítóvizsgálatához $L = 420$ mm hosszú, középen tompavarrattal hegesztett, szakaszosan ragasztott, végén dugókkal ellátott mintákat vizsgáltunk [9. a) ábra]. A kötés mechanikai megfelelőségét igazolja, hogy a szakadás az alapanyagban következett be [9. b) ábra], bár a szakítószilárdság alacsonyabb volt, mint a homogén titán–titán kötések esetében. A vizsgált minták eltérő viselkedést mutattak: egyeseknél folyási plató volt megfigyelhető, másoknál kisebb képlékenységi tartalék jelentkezett. Az anyagi viselkedés inkoherenciáját a kötési módok váltakozása és az emberi tényezők (ragasztó mennyisége, illesztési szórás, hegesztési eltérések) okozhatják. A szálerősített karboncsőben lévő elemi szálak lokális megszakadása és átrendeződése



7. ábra:
a) Titán–titán hegesztett tompakötés próbatestek anyagvizsgálathoz,
b) szakítóvizsgálat tönkremeneteli képe (saját fotók)



8. ábra:
Titán–titán hegesztett T-kötés
a) próbatest méretei,
b) szakítóvizsgálat során prizmaiba fogva és felső síkon megtámasztva (saját fotók)



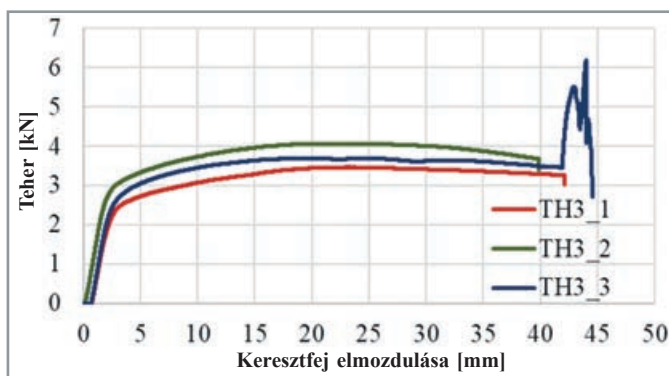
9. ábra:
 Titán–titán hegesztett T-kötés
 a) próbatest méretei,
 b) szakítóvizsgálat során prizmába fogva
 és felső síkon megtámasztva
 (saját fotók)

is hatással lehet az elmozdulásra és a nyúlásra. A rendszer vegyes jellegű viselkedésének pontosabb megértése további mechanikai vizsgálatokat és statisztikai elemzést igényel.

A titán–titán csövek hegesztett tompakötéseinek hárompontos hajlítóvizsgálatai hasznos tapasztalatokat eredményeztek. A vizsgálatok igazolták a hegesztés megfelelőségét, mivel sem törést, sem repedést nem tapasztaltunk. A 10.



10. ábra: Titán–titán hegesztett tompakötésű minta hárompontos hajlítóvizsgálata (saját fotó)



11. ábra: Titán–titán hegesztett tompakötések hárompontos hajlítóvizsgálatai eredményei (saját ábra)

ábrán egy vizsgálati minta látható a terhelőgépben, míg a 11. ábra az erő–elmozdulás diagramokat mutatja, amely jelentős képlékenységi tartalékot igazol.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk – mely szakdolgozatom eredményeit foglalja össze – egy hat forgószárnyas drón tartószerkezetének kialakítására összpontosít. A tanulmány megállapította, hogy a térbeli rácsos konstrukció célszerű választás a központi teherviselő egység kialakítására. A szerkezeti tömeg csökkentésére napjainkban egyre inkább elterjednek a szálal erősítésű kompozit technológiák. A teherviselő egység hibrid kötések alkalmaz, kombinálva a titán és a karbon kompozit anyagok előnyeit. A titán hegesztési vizsgálatai során megállapítottam, hogy a varrat színe nem minden esetben tükrözi annak mechanikai megfelelőségét. Ezt laboratóriumi vizsgálatokkal támasztottam alá, a szakirodalmi ajánlásokkal ellentétben a próbatesteknél tapasztalt színeltérések ellenére is bizonyítható volt a megfelelő szilárdságú és duktilitású kötés. A varrat színének változása elsősorban a védőgáz tisztaságától függ, de ez nem befolyásolta jelentősen a mechanikai tulajdonságokat. Az argon 5.0 tisztaságú védőgáz arany és kék árnyalatokat eredményezett, míg az argon 4.6 esetén szürke és fekete foltok jelenhetnek meg. A hibrid kötéseknel a sajtoló–ragasztott kötést előnyben kell részesíteni a titán–karbon átmeneteknél. A hegesztést úgy kell integrálni, hogy az ne károsítsa az előzőleg létrehozott ragasztott kötésekkel. A hibrid szerkezetek gyártási folyamata igazoltan reprodukálható és megfelelő technológiai módszerekkel biztosítható.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

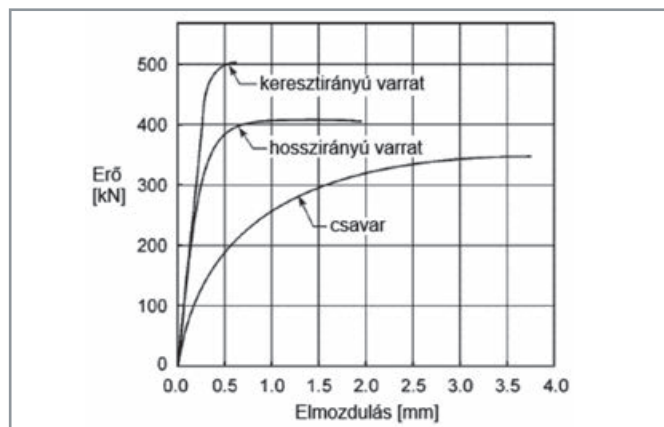
Köszönetemet fejezem ki témavezetőimnek, dr. Kollár Dénesnek és Prof. Dr. Óvári Gyulának támogatásukért és bizalmukért. Hálás vagyok dr. Kachichian Mansournak a laboratóriumi vizsgálatokban nyújtott segítségéért, valamint a Genevation Aircraft Kft. kollégáinak a szakmai közreműködésért. Végül köszönöm családom, különösen feleségem türelmét és támogatását.

CSAVAROSZOTT ÉS HEGESZTETT KÖTÉSEK EGYÜTTES ALKALMAZÁSA

1. BEVEZETÉS

Az acél tartószerkezetek kapcsolatait jellemzően háromféle kötésmóddal lehet kialakítani: hegesztés, csavarozás és a mai gyakorlatban már háttérbe szorult szegecselés. Annak eldöntését, hogy egy szerkezeti részlet melyik technológiával készüljön, minden esetben az adott tervezési és építési igények szerint mérlegelik. A hegesztésnek és a csavarozásnak is megvannak a saját mechanikai jellemzői, előnyei és hátrányai, valamint alkalmazási feltételei, ezért a megfelelő kötésmódszer kiválasztása kulcsfontosságú a szerkezet optimális kialakításához.

A két kötéstípus vegyes alkalmazása egy igen összetett kérdés, hiszen a hegesztett és a csavarozott kapcsolat egymástól jelentősen eltérő merevségi és duktilitási tulajdonságai miatt nehéz meghatározni az együttes teherviselésben betöltött szerepüket. Az alakváltozási képességben tapasztalható különbséget szemlélteti az 1. ábrán feltüntetett különböző kötésekre vonatkozó nyíróerő–nyírási deformáció diagram. Ugyanezen görbék relatív helyzete nagyban függ a vizsgált hegesztési varratok és csavarok kialakításától, illetve méretétől, de a jellegük alapján megállapítható, hogy a csavarok jelentősen nagyobb deformáció árán érik el a szakítószilárdságukat, mint a hegesztési varratok. Továbbá az is jól látszik, hogy a keresztirányú (terhelés irányára merőleges) varratok és a hosszirányú (terhelés irányával párhuzamos) varratok duktilitása között is számottevő különbség van.



1. ábra: Keresztirányú és hosszirányú varrat, valamint (nem feszített) csavar jellemző erő–elmozdulás karakterisztikája (Kulak és Grondin [1] alapján)

A hegesztett–csavarozott hibrid kötéseket a teherviselésben betöltött szerepük alapján két nagy kategóriába lehet sorolni:

- valamelyik kötésmód (jellemzően a csavar) csak kismértékben vagy semennyire nem vesz részt a végső teherviselésben,
- a varrat és a csavar is részt vesz a végső teherviselésben.

Bizonytalan számításuk miatt a hibrid kötések nem terjedtek el a tervezési gyakorlatban, esetleges megjelenésüket jellemzően inkább kivitelezési szempontok indokolják, ahol az összeszerelést a gyártási pontatlanságokat áthidaló csavarozással végzik, majd ezt követően alakítják ki a kapcsolat fő teherbírását adó hegesztett kötést. Ezek a módszerek többnyire az első kategóriába sorolhatók. Természetesen ebben az esetben jut teher az alárendelt kötéstípusra is, hiszen a szerkezeti elemek önsúlya terheli a csomópontot (feltéve, hogy nincs aláállványozva a szerkezet).

A hegesztés és csavarozás együttdolgoztatása számos kutatás és kísérlet tárgyát képezi, azonban figyelembevétele és számítási lehetősége a mai napig vitatott téma.

A BME Hegesztett Szerkezetek Tervezése szakirányú továbbképzését lezáró szakdolgozatomban megvizsgáltam a kétféle kötésmód együttdolgoztatásának lehetőségeit szakirodalmi háttér alapján, majd a legfontosabb kutatási eredményeket összehasonlítottam a ma fellelhető szabályzati előírásokkal. Ezt követően mintapéldákon keresztül bemutattam a kötések ellenállásának szabványos, valamint a kísérletek alapján meghatározott számítási módszereit. A kutatási és számítási eredményeim összefoglalása után olyan javaslatokat fogalmaztam meg, melyek elősegítenék a hibrid kötések alkalmazhatóságának elterjedését. Ebben a cikkben egy összefoglalót adok a szakdolgozatom legfontosabb megállapításairól és eredményeiről.

2. SZAKIRODALMI ÉS SZABÁLYZATI ÁTTEKINTÉS

2.1. Általános bemutatás

A jelenség vizsgálatát, valamint megismerési folyamatát a szakdolgozatomban részletes szakirodalom-kutatáson keresztül mutattam be, illetve ismerttettem, hogy az egyes országok előírásai miként kezelik a hibrid kötéseket szabványos környezetben.

Megállapítható, hogy a hegesztett–csavarozott kötések együttdolgoztatásának jelenségével foglalkozó kutatók meglehetősen hierarchikus módon végezték el a vizsgálataikat, vagyis szinte minden esetben visszanyúltak megelőző kutatási eredményekhez, és azokat felhasználva terjesztették ki kutatásaikat, majd igazolták, illetve módosították az elődök által levont következtetéseket.

A szakdolgozatban részletesen bemutattam a jelenség megértéséhez szükséges kutatási munkákat, kezdve Fisher 1965-ben végzett kísérletsorozatától [2], aki kifejlesztette a mechanikus rögzítőelemek erő–elmozdulás karakterisztikáját leíró, általánosan alkalmazható analitikus összefüggését, Holtz és Kulak 1970-ben végzett kutatásán át [3], akik az elsők között vizsgálták a csavarozott és hegesztett hibrid kötéseket, egészen a mai modern számításokig, melyek jellemzően már numerikus szimulációval kiegészített valós kísérleteken alapulnak.

Jelen cikkben a kutatók által végzett kísérleteket és levont következtetéseket nem, csak a hibrid kötések teherbírásának számítására tett összegzési képletre vonatkozó javaslataikat ismertetem. Az összegzési képletekben az egyes kapcsolati elemek teherbírásai szerepelnek, amelyeket szemiempirikus alapon határoztak meg és kombináltak a kutatók.

2.2. Hibrid kötések teherbírásának számítása

2.2.1. Manuel és Kulak által kifejlesztett összefüggés

Manuel és Kulak összegzési képlete [3] általánosan alkalmazható normál, illetve feszített csavarok hossz- és/vagy keresztirányú varratokkal történő kombinálásával kialakított kötésekre. A kombinált kötés teherbírása az alábbi képlettel határozható meg:

$$R_{ult\ joint} = R_{friction} + R_{bolts} + R_{trans} + R_{long}$$

$$\text{ahol } R_{friction} = 0,25 \cdot P_{slip}$$

$$R_{trans} = R_{ult\ trans} \cdot l \cdot d$$

$$R_{long} = \begin{cases} 0,85 \cdot R_{ult\ long} \cdot l \cdot d & \text{– ha van a kötésben keresztirányú varrat} \\ R_{ult\ long} \cdot l \cdot d & \text{– ha nincs a kötésben keresztirányú varrat} \end{cases}$$

$$R_{bolts} = \begin{cases} 0 & \text{– ha van a kötésben keresztirányú varrat} \\ 0,75 \cdot n \cdot R_{ult\ bolts} & \text{– pozitív helyzetű csavarok hosszirányú varrattal} \\ 0,50 \cdot n \cdot R_{ult\ bolts} & \text{– negatív helyzetű csavarok hosszirányú varrattal} \end{cases}$$

továbbá P_{slip} a súrlódási ellenállás, $R_{ult\ trans}$ és $R_{ult\ long}$ a kereszt- és hosszirányú varrat teherbírása, l a varrathossz, d a varrat lábmérete, $R_{ult\ bolts}$ egy csavar teherbírása, n pedig a csavarok darabszáma.

2.2.2. Shi és társai által kifejlesztett összefüggés

A Shi és társai által kifejlesztett összefüggés [4] alkalmazható feszített csavarok hosszirányú varrattal történő kombinálásánál a teherbírás számítására, az alábbiak szerint:

$$R_{ult} = \begin{cases} R_{long\ welds} & \alpha < 0,5 \text{ esetén} \\ 0,75 R_{long\ welds} + R_{friction} & 0,5 \leq \alpha \leq 0,8 \text{ esetén} \\ 0,9 R_{long\ welds} + 0,8 R_{friction} & 0,8 \leq \alpha \leq 2 \text{ esetén} \\ R_{long\ welds} + 0,75 R_{friction} & 2 \leq \alpha \leq 3 \text{ esetén} \\ R_{friction} & \alpha > 3 \text{ esetén} \end{cases}$$

$$\text{ahol } \alpha = \frac{R_{friction}}{R_{long\ welds}}$$

továbbá $R_{long\ welds}$ a hosszirányú varratok, $R_{friction}$ pedig a feszített csavarok teherbírása.

2.2.3. Kim és Lee által kifejlesztett összefüggés

Kim és Lee összegzési képlete [5] általánosan alkalmazható normál, illetve feszített csavarok hossz- és/vagy keresztirányú varratokkal történő kombinálásával kialakított kötésekre. A kombinált kötés teherbírása az alábbi összefüggés alapján határozható meg:

$$R_n = \begin{cases} 0,8 R_{ult,bolt} + U \cdot R_{ult,long} & \text{– csavarok hosszirányú varratokkal} \\ 0,4 R_{ult,bolt} + R_{ult,trans} & \text{– csavarok keresztirányú varrattal} \\ 0,9 (R_{ult,bolt} + R_{ult,long} + R_{ult,trans}) & \text{– csavarok hosszirányú és keresztirányú varrattal} \end{cases}$$

$$\text{ahol } U = \begin{cases} 1,00 (l \geq 2 W) \\ 0,87 (2 W > l \geq 1,5 W) \\ 0,75 (1,5 W > l \geq W) \end{cases}$$

továbbá $R_{ult,bolt}$ a csavarok teherbírása, $R_{ult,trans}$ és $R_{ult,long}$ a kereszt- és hosszirányú varrat teherbírása, l a varrat hossza, W pedig a lemez szélessége.

2.2.4. Soliman és társai által kifejlesztett összefüggés

Soliman és társai által felírt összegzési képlet [6] alkalmas a hosszirányú varrattal kombinált feszített csavarokkal kialakított kötések vizsgálatára. Ez esetben a kombinált kötés teherbírása az alábbi képlettel határozható meg:

$$R_n = R_b + C_w R_w$$

$$\text{ahol } C_w = \left(\frac{0,227w - 0,013}{w^2} \right)^{0,3}$$

továbbá R_b a csavarok teherbírása, R_w a hosszirányú varrat teherbírása, w pedig a varratok gyökmérete [inch].

2.2.5. AISC szerinti összefüggés

Az amerikai szabvány [7] a hosszirányú varratot és feszített csavart tartalmazó hibrid kötések teherbírására az alábbi összefüggést adja meg:

$$R_{n,\Sigma} = \begin{cases} \phi (R_{n,b} + R_{n,w}) & \text{"LRFD" tervezési módszer esetén} \\ (R_{n,b} + R_{n,w}) / \Omega & \text{"ASD" tervezési módszer esetén} \end{cases}$$

ahol $\phi = 0,75$, $\Omega = 2,00$, $R_{n,b}$ a feszített csavarok teherbírása, $R_{n,w}$ pedig a varratok teherbírása.

2.2.6. CSA szerinti összefüggés

A kanadai szabvány [8] a hibrid kötések Manuel és Kulak eredményei alapján vizsgálja. Az előírás szerint egy általános kötés kombinált teherbírása:

$$V_{r,joint} = \begin{cases} V_{friction} + V_{r,trans} + 0,85 V_{r,long} & \text{– csavar hosszirányú varrattal} \\ V_{friction} + V_{r,long} + 0,5 V_{r,bolt} & \text{– csavar hosszirányú és keresztirányú varrattal} \\ V_{r,bolt} & \text{– csavar keresztirányú varrattal} \end{cases}$$

ahol $V_{friction} = 0,25 V_s$, továbbá $V_{r,trans}$ és $V_{r,long}$ a kereszt- és hosszirányú varrat teherbírása, $V_{r,bolt}$ pedig a csavarok teherbírása.

3. HIBRID KÖTÉSEK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGE VALÓS ACÉLSZERKEZETEKBEN

Az összegzési képleteket minden esetben a valós kísérleti erő–elmozdulás diagramok alapján határozták meg, ezért elméletileg ezek szabványtól függetlenül alkalmazhatók, azonban a kutatók jellemzően az AISC előírásait vették referenciaként. Szakdolgozatomban azzal a feltételezéssel



élttem, hogy az összefüggések érvényesek az MSZ EN 1993-1-8:2012 [9] előírásai alapján meghatározott teherbírások figyelembevételével is.

3.1. Nyugati pályaudvar tetőszerkezetében vizsgált fiktív hibrid kötés

3.1.1. Csarnokszerkezet rövid ismertetése

A Nyugati pályaudvar épületegyüttesének központi eleme a fő vágánycsarnok (2. ábra), amely összesen 146 m hosszú, fesztávolsága pedig 42 m. A De Serres, valamint Eiffel cége által tervezett szerkezet az Osztrák–Magyar Monarchia legnagyobb nyílású csarnoka volt, de építésekor világvivákonban is az elsők között tartották számon.

A csarnokszerkezet összesen 18 darab keretállásból áll, ahol a 0. a Teréz körút felőli homlokzati üvegfalat, a 17. pedig a vágányzóna felőli homlokzati üvegfalat jelöli. A tetőszerkezet héjalását egyfelől egy kétrétegű deszkázat, másfelől a 3–15. közötti keretállásoknál található, kb. 15 m széles, kiemelt üvegborítású fülvilágító jelenti. Ezek terheit a hosszirányú rácsos tartójú szelemenek továbbítják az egyes keretállásokra.



2. ábra: Nyugati pályaudvar csarnokszerkezete (forrás: MÁV)

Az Eiffel-féle csarnokszerkezet eredetileg teljes egészében ún. hegeszvasból épült, mely a 19. század elején jelent meg és terjedt el az iparban. Ez az anyag igen heterogén tulajdonságokkal és rendkívül alacsony szívóssággal bír, ezért hegesztésre alkalmatlan. Részben az alapanyag bizonytalanságai, részben pedig a korróziós károsodások miatt 1977-ben a csarnok jelentős részét átépítették, és az eredeti szegecselt hegeszvas elemeket hegesztett folytvas elemekre cserélték le. Kivétel ez alól a homlokzati fal és az 1–2. keretállás, melyeken enyhébb korróziós fogyásokat észleltek, így elsősorban műemléki és történelmi okokból megmaradtak az eredeti kialakításukban.

2020-ban a teljes csarnokszerkezetet felújították, mely során a korrózióvédelmi és egyéb rekonstrukciós intézkedések mellett az addigi egyrétegű tetőhéjazatot kétrétegűre cserélték, növelve ezzel a szerkezetre jutó terhet. A felújítás keretében a FŐMTERV Zrt. feladata volt a statikai munkarészek elkészítése, mely során elvégeztük a teljes szerkezet statikai vizsgálatát.

A Nyugati pályaudvar szerkezete több okból is jól illeszthető volt a szakdolgozati témához. A tartószerkezetet súlycsökkentési és kivitelezhetőségi szempontok miatt igen karcsú elemekből tervezték meg, így az eredeti szegecselt, illetve a felújított csavarozott kapcsolatok komoly

geometriai kötöttségekkel bírnak. Ezenfelül a csarnok egy olyan ikonikus műemléki szerkezet, aminek felújított elemei is lassan 50 évesek lesznek. A geometriai kötöttségek és az esetleges jövőbeni felújítási/erősítési igények teret engedhetnek a csavarozott kötések hegesztéssel történő megerősítésének.

3.1.2. Szelemenbekötés vizsgálata

A hibrid kötés lehetőségét a szelemenek csavarozott bekötési csomópontjánál vizsgáltam. A szelemenek felső övrúdját és a rácsrudat ráhegesztették a csomólemezekre, amit 2 darab 16 mm átmérőjű csavar köt hozzá a rácsos tetőszerkezet oszloprúdjához. A csomóponti részletet és annak környezetét a 3. ábra mutatja.



3. ábra: A szelemenbekötés környezete és kialakítása (fotó: FŐMTERV)

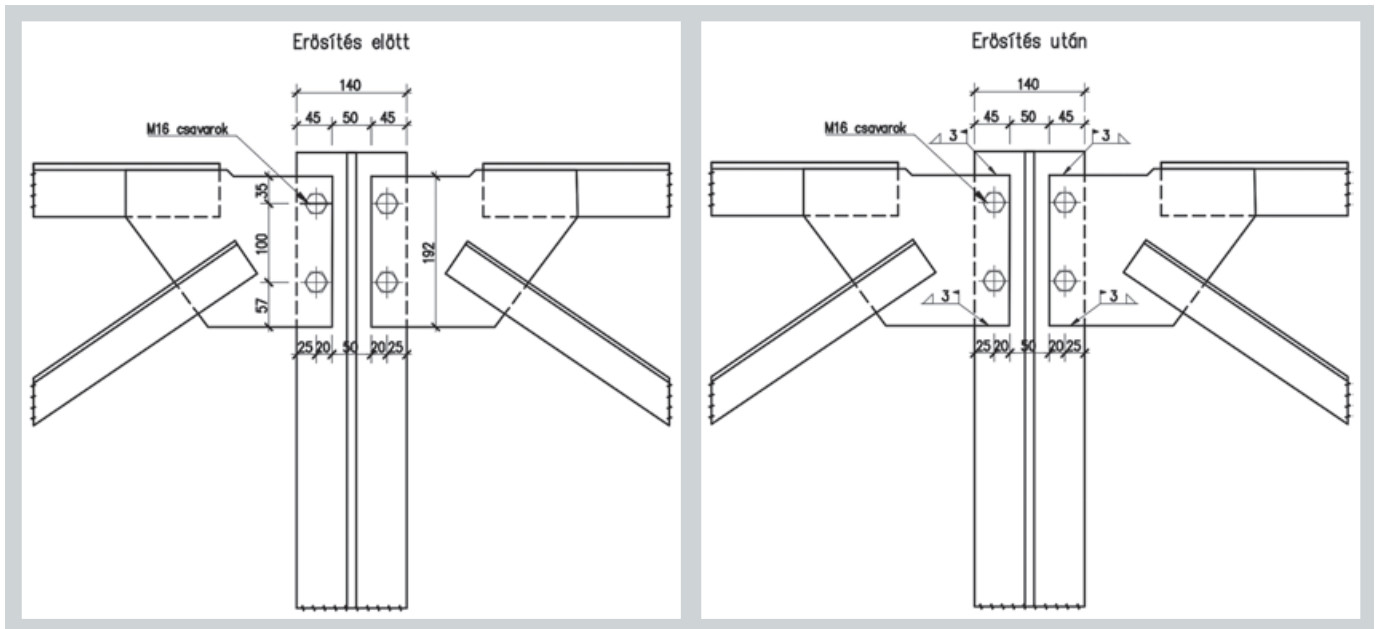
A szelemen felső övrúdja egy T szelvény, aminek övlemeze 120×8 mm, gerinclemeze 62×8 mm, a rácsrúdja pedig egy $50 \times 50 \times 5$ méretű L szelvény. A csomólemez 192 mm magas, 8 mm vastag. A függőleges oszloprúd szintén egy T szelvény, aminek övlemeze 140×8 mm, gerinclemeze 95×12 mm. A csomópont összes szerkezeti elemének alapanyaga a felújításkori folytvas, aminek a szilárdsága megfeleltethető az EN 10025-2 [10] szerinti S235 jelű szerkezeti acélnek. Az M16 csavarok szilárdsági osztálya 5.6.

A fiktív hibrid kötést 2 darab 16 mm átmérőjű, $8,8$ szilárdságú feszített csavarral és 2 darab, egyenként 45 mm hosszúságú és 3 mm gyökméretű, hosszirányú sarokvarrattal alakítom ki. A bekötés eredőjének iránya ugyan nem teljesen párhuzamos a hegesztési varrat tengelyével, de a szemléltetés kedvéért jelen példában annak tekintem. A jelenlegi állapot és az erősítés utáni állapot kialakítása a 4. ábrán látható.

A kapcsolat teherbírása a jelenlegi kialakításában $67,43$ kN az EN 1993-1-8 [9] előírásai szerint. Az erősítést oly módon alakítottam ki, hogy az egyes komponensek teherbírása nagyságrendileg megegyezzen az eredeti csavarokéval, és ne térjenek el túlzottan egymástól. Ezek figyelembevételével a varratok, valamint a 2 darab feszített csavar ellenállása ($\mu = 0,3$ súrlódási tényező mellett):

$$F_{w,Rd} = \frac{l \cdot f_u \cdot a}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 45 \text{ mm} \cdot 360 \text{ MPa} \cdot 3 \text{ mm}}{\sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 1,25} = 56,12 \text{ kN}$$

$$F_{s,Rd} = \frac{n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,C} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,3}{1,25} \cdot 87,92 \text{ kN} = 42,20 \text{ kN}$$



4. ábra: Szelemenek felső bekötése jelenlegi állapotában és erősítés után

Az egyes kötéstípusok egyedi teherbírásának összegeként meghatározható a hibrid kötés teherbírásának ideális maximuma:

$$F_{Rd,\Sigma} = F_{w,Rd} + F_{s,Rd} = 98,32 \text{ kN}$$

Ezek után meghatároztam a hat ismert összegzési képlet alapján a hibrid kötés teherbírását azzal a feltételezéssel, hogy a tönkremenetelt a feszített csavarok megcsúszása jelenti (tehát a feszített csavarok palástnyomási/nyírási ellenállását elhanyagolom).

Manuel és Kulak, illetve a CSA összefüggése:

$$F_{Rd} = 0,25 \cdot F_{s,Rd} + (F_{csavar}) + F_{w,Rd} = 66,67 \text{ kN}$$

Az összegzési képletben megjelenik a csavarok nyírási/palástnyomási ellenállása is (negatív, illetve bizonytalan csavarhelyzet esetén 0,5-ös szorzóval, azonban ettől a tagtól eltekintek, mivel az összes többi összefüggés a feszített csavarok megcsúszásánál értelmezi a tönkremenetelt).

Shi és társai összefüggése:

$$F_{Rd} = 0,75 \cdot F_{w,Rd} + F_{s,Rd} = 84,29 \text{ kN}$$

Ez az érték az $\alpha=0,752$ teherbírasi arányszámra vonatkozó összefüggéshez tartozik.

Kim és Lee összefüggése:

$$F_{Rd} = 0,8 \cdot F_{s,Rd} + U \cdot F_{w,Rd} = 75,85 \text{ kN}$$

Az U a nyírási alakváltozást (shear lag) figyelembe vevő tényező a kapcsolat geometriájától függ, ami jelen esetben a minimum 0,75 értékre adódik.

Soliman és társai összefüggése:

$$F_{Rd} = F_{s,Rd} + C_w \cdot F_{w,Rd} = 98,15 \text{ kN}$$

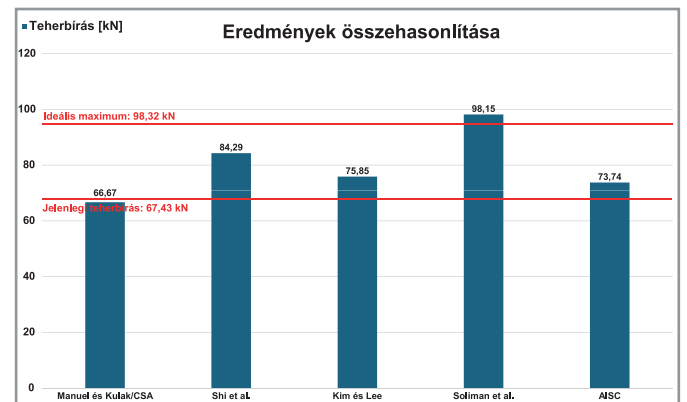
A C_w varrat méretétől függő tényező, a kis gyökméretből adódóan 0,997, tehát a varrat teherbírásának gyakorlatilag egésze kihasználható.

AISC összefüggése:

$$F_{Rd} = 0,75 \cdot (F_{s,Rd} + F_{w,Rd}) = 73,74 \text{ kN}$$

3.1.3. Számítási eredmények összehasonlító értékelése

Az alábbiakban az 5. ábrán bemutatott diagramon összehasonlítom a számított teherbírások értékét, majd összefoglalom az eredmények alapján levont következtetéseket. Megjegyzem, hogy a csomólemez teherbírása nem volt mértékadó a megerősített kapcsolat vizsgálatánál.



5. ábra: A hibrid kötés számított teherbírásainak összehasonlítása – Nyugati pályaudvar

A kombinált teherbírás értékét Manuel és Kulak összefüggése, valamint a CSA előírása közelíti a legkonzervatívabban, mely a teherbírás ideális maximumának 68%-ára adódik. A kutatók a súrlódási erőben érezték a legnagyobb bizonytalanságot, így azt sokkal szigorúbban veszik figyelembe, mint a többi összefüggés. Megjegyzendő, hogy Manuel és Kulak, valamint a CSA előírása is megengedi a csavarok nyírási és palástnyomási ellenállásának figyelembevételét, de jelen példában ettől a komponenstől eltekintettem.

Kim és Lee, valamint az AISC előírása hasonló eredményt adott a vizsgált konstrukcióra, ezek a teherbírás ideális maximumának 77%-ára, illetve 75%-ára adódtak. Az AISC csak a két kötés egyedi teherbírásától függ, Kim és Lee összefüggésében azonban megjelenik a shear lag hatást modellező U tényező. Ennek értéke 0,75–1,00 között változhat, így a hosszirányú varratok hozzájárulása konstrukciónként jelentősen eltérhet.

A Shi és társai által javasolt összefüggéssel számított érték eléri a 86%-át az ideális maximumnak. Az összegzett teherbírás elsősorban az egyes komponensek teherbírasi arányától függ, azonban a számítások alapján megállapítható, hogy jelentős különbség nincs a végeredményben, feltéve, hogy egyik komponens teherbírása sem domináns.

Végül a Soliman és társai által kifejlesztett összefüggés jelen konstrukcióban a hibrid kötés teherbírására gyakorlatilag az ideális maximum értékét adja. A varrat hozzájárulása ugyan függ a gyökmérettől, de megállapítható, hogy egy nagyobb varrat esetén is figyelembe vehető a teherbírásának jelentős hányada (pl. 8 mm gyökméretnél 85%).

Összehasonlítva a kapcsolat jelenlegi teherbírását a számított értékekkel megállapítható, hogy míg a legkonzervatívabb becsléssel visszakapjuk az erősítés nélküli állapotot, a többi összefüggés igen nagy szórással, 9–46% közötti többletteherbírást ad.

3.2. Déli összekötő vasúti híd illesztéseinek vizsgált fiktív hibrid kötés

3.2.1. Hídszerkezet rövid ismertetése

A Déli összekötő vasúti híd három egymástól független felszerkezeten vezeti át a forgalmat a Duna felett, és Magyarország legforgalmasabb vasúti átkelőhelyeként tartják számon. A híd történelme során számos átépítésen és felújításon esett át, utoljára 2020–2022 között, amikor a két előző szerkezetet elbontották, és a meglévő pillérekre három új szerkezetet építettek. Az új hidak főtartói egyenként 493,6 m hosszú, folytatólagos, töbttámaszú, acélrácsos tartók (6. ábra).

Az új szerkezetek megvalósításához szükséges tervezési feladatokat a FŐMTERV Zrt. az MSc Kft.-vel és a Speciálterv Kft.-vel konzorciumban végezte, mely során elvégeztük a híd statikai vizsgálatát, valamint elkészítettük az acél felszerkezet gyártmánytervét és a bontási/építési munkálatok technológiai terveit.

A bontási és építési munkálatok igen részletes technológiai tervezést igényeltek. Az új hidakat összesen 6–6 darab előzetesen összeszerelt egységben úsztatták be a Dunán, majd átemelték egy külön erre a célra tervezett emelőművel

kialakított bárkára, ahonnan felemelték őket a végleges helyükre. A nagyságrendileg 450 tonna tömegű egységek részleteit jellemzően hegesztéssel alakították ki, kivéve azokat a feszített csavarokkal biztosított illesztési pontokat, ahol az egységeket egymáshoz kapcsolták beemelés után. Szakdolgozatomban annak a lehetőségét vizsgáltam meg, hogy ez a részlet milyen módon viselkedne hibrid kötésként. A 7. ábrán egy úsztatási egység látható átemelés közben, valamint felnagyítva a vizsgált kötés beépítés után.



7. ábra: Az illesztési részlet beépítés előtt és után (fotó: FŐMTERV)

A bemutatott illesztés vizsgálatát azért választottam a szakdolgozatomban, mert egy jelentős terhet viselő, geometriailag nagyobb kiterjedésű részletről van szó, és érdekelt, hogy a fent ismertetett összefüggések alkalmazásával milyen teherbírás-növekmény lenne elérhető.

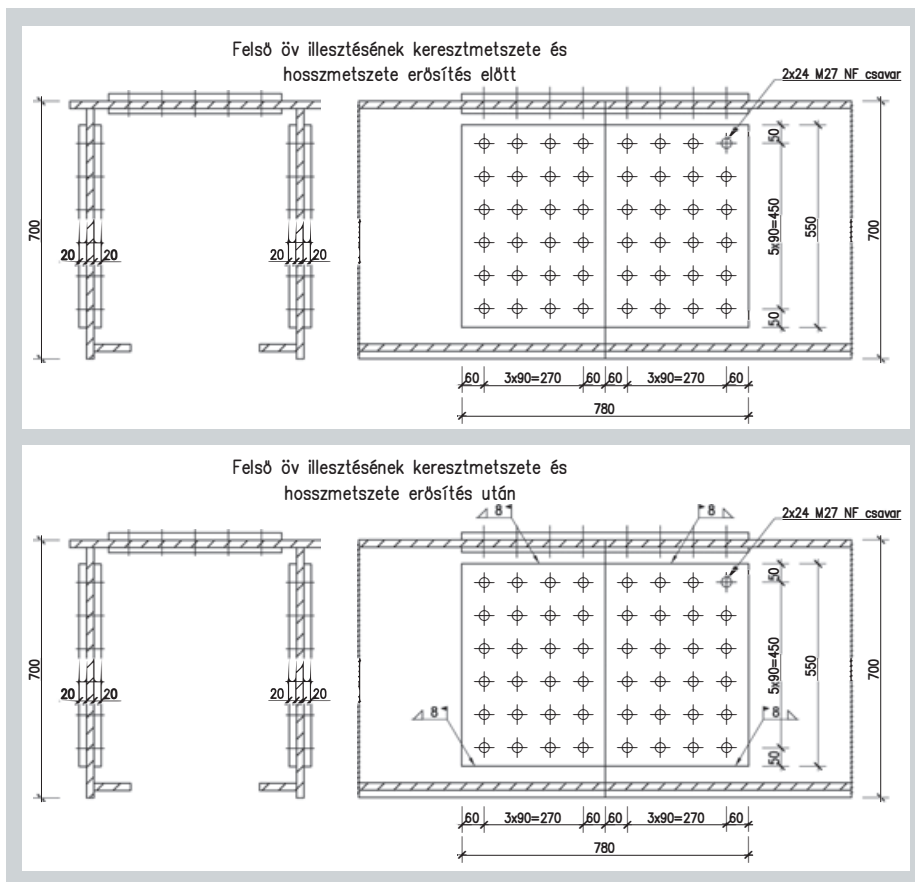
3.2.2. Egységek illesztésének vizsgálata

A feszített csavarokkal kialakított illesztést a Π szelvényű felső övrúd egy gerinclemeznél vizsgáltam. Az adott részletnél a gerinclemez és a két hevederlemez vastagsága 20 mm, a kötést pedig 2×24 darab, 27 mm átmérőjű, 10.9 szilárdsági osztályú csavar biztosítja (egy gerinclemeznél). A hevederlemezek hossza 780 mm, szélessége 550 mm. Az acél alapanyag EN 10025-2 szerinti S355 szerkezeti acél.

A fiktív hibrid kötés kialakításánál az eredeti feszített csavarokat változatlanul hagytam, a hevederlemezek alsó és



6. ábra: A 2020–2022 között átépített új Déli összekötő vasúti híd (fotó: MÁV)



8. ábra: Úsztatási egységek vizsgált illesztése jelenlegi állapotában és erősítés után

felső élén kívülről, egyenként 390 mm hosszúságú, 8 mm gyökméretű sarokvarratot feltételeztem. A jelenlegi és az erősítés utáni állapot a 8. ábrán látható.

Az erősítést oly módon alakítottam ki, hogy a feszített csavarok teherbírása legyen a domináns, de a varrat teherbírása is elegendő legyen ahhoz, hogy az összegzési képletek alkalmazhatóak legyenek. Így a varratra és a csavarokra számított teherbírások értéke (jelen példában $\mu = 0,3$ súrlódási tényező feltételezésével):

$$F_{w,Rd} = \frac{l \cdot f_u \cdot a}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 390 \text{ mm} \cdot 510 \text{ MPa} \cdot 8 \text{ mm}}{\sqrt{3} \cdot 0,90 \cdot 1,25} = 1633,2 \text{ kN}$$

$$F_{s,Rd} = \frac{n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,C} = \frac{24 \cdot 2 \cdot 0,3}{1,25} \cdot 321,3 \text{ kN} = 3701,4 \text{ kN}$$

A hibrid kötés ideális maximuma:

$$F_{Rd,\Sigma} = F_{w,Rd} + F_{s,Rd} = 5334,6 \text{ kN}$$

Manuel és Kulak, illetve a CSA összefüggése:

$$F_{Rd} = 0,25 \cdot F_{s,Rd} + (F_{csavar}) + F_{w,Rd} = 2558,6 \text{ kN}$$

A tönkremenetelt jelen példánál is a feszített csavarok mecsúszásánál értelmezem.

Shi és társai összefüggése:

$$F_{Rd} = F_{w,Rd} + 0,75 F_{s,Rd} = 4409,2 \text{ kN}$$

Ez az érték az $\alpha=2,27$ teherbírasi arányszámra vonatkozó összefüggéshez tartozik.

Kim és Lee összefüggése:

$$F_{Rd} = 0,8 \cdot F_{s,Rd} + U \cdot F_{w,Rd} = 4186,0 \text{ kN}$$

Az U shear lag tényező a kapcsolat geometriájától függ, ami jelen esetben a minimum 0,75 értékre adódik.

Soliman és társai összefüggése:

$$F_{Rd} = 0,75 \cdot (F_{s,Rd} + F_{w,Rd}) = 4000,9 \text{ kN}$$

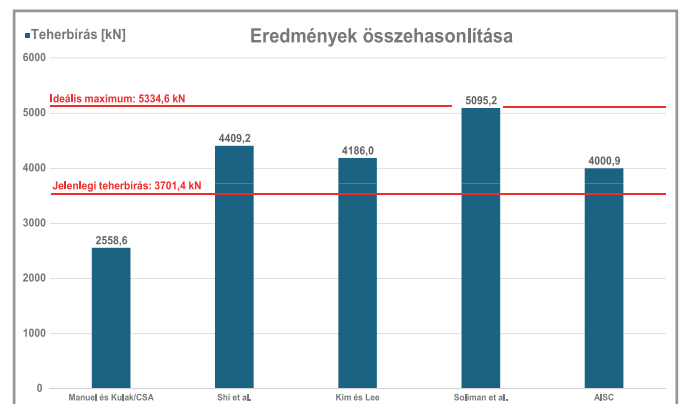
A C_w varrat méretétől függő tényező 0,853.

AISC összefüggése:

$$F_{Rd} = 0,75 \cdot (F_{s,Rd} + F_{w,Rd}) = 4000,9 \text{ kN}$$

3.2.3. Számítási eredmények összehasonlító értékelése

Az alábbiakban a 9. ábrán bemutatott diagramon összehasonlítom a számított teherbírások értékét, és összefoglalom az eredmények alapján levont következtetéseket.



9. ábra: A hibrid kötés számított teherbírásainak értéke és összehasonlítása – Déli összekötő vasúti híd

Jelen konstrukciónál a hevederlemezek nettó keresztmetszeti területen értelmezett húzási teherbírás 5254,0 kN, ami ugyan kisebb, mint az egyes komponensek teherbírásának összegeként számított ideális maximum, azonban egyik összegzési képlettel számított eredmény sem éri el ezt az értéket, így a hevederlemezek húzási teherbírása nem mértékadó a hibrid kötés vizsgálatánál.

Ebben a példában is Manuel és Kulak összefüggése, illetve a CSA előírása adja a legkonzervatívabb eredményt. Ez a feszített csavarok által dominált kötésre különösen igaz, mivel az általuk megadott összegzési képlet a feszített csavarok hozzájárulását rendkívül szigorúan engedi csak figyelembe venni. Így a számított kombinált teherbírás értéke az ideális maximumnak csak a 48%-ra adódik. Rámutat az összefüggés pontatlanságaira feszített csavarok alkalmazása esetén, hogy a megerősítést követően számított teherbírás értéke a 69%-a az eredeti konstrukció teherbírásának.

A vizsgált részletnél Shi és társai, Kim és Lee, valamint az AISC előírása hasonló eredményt adott, gyakorlatilag 8%-on belüli az ideális maximumhoz viszonyított hányaduk közötti eltérés. Shi és társai 2–3 közötti teherbírás arányszámra vonatkozó összefüggése alapján számított kombinált teherbírás az ideális maximum 83%-a. Ehhez az értékhez a varratoknak 100%-os, a feszített csavaroknak pedig 75%-os hozzájárulása tartozik. Kim és Lee összefüggésével számított teherbírás az ideális maximum 79%-ára adódik, melynél a varratok hozzájárulása 75%-os ($U = 0,75$), a feszített csavaroké pedig 80%-os. Az AISC előírása alapján számított teherbírás egységesen csökkenti 75%-ra a két komponens teherbírását, így a figyelembe vehető érték az ideális maximum 75%-a.

A Soliman és társai által kifejlesztett összefüggés jelen konstrukcióban is a legnagyobb teherbírást adja, bár a nagyobb varratméret miatt már nem közelíti meg annyira az ideális maximumot, mint az előző példánál, így az arányszámuk 96%-ra adódik.

Az illesztés sarokvarrattal történő erősítése a számítások alapján – figyelmen kívül hagyva Manuel és Kulak, illetve a CSA előírását – 8–38% közötti teherbírás-növekményt eredményez. Megjegyzendő, hogy a számítás nem foglalkozik a hegesztés okozta esetleges fáradási problémákkal, a hibrid kötések ciklikus terhelés alatti viselkedésére kevés tapasztalat, illetve kutatás áll rendelkezésre.

Annak ellenére, hogy a két példán bemutatott hibrid kapcsolat anyagminőségben, geometriában és teherbírás arányszámában is merőben eltér egymástól, megfigyelhető, hogy a diagramok jellege megegyezik. Ez azt jelenti, hogy a kutatók által kifejlesztett összefüggések a megadott változók alkalmazásával jól követik az egyes konstrukciók közötti különbségeket, és szinte ugyanazok az ideális maximumhoz viszonyított arányszámok jöttek ki a két esetre. Ez alól Manuel és Kulak, illetve a CSA összefüggése kivétel, mivel az ő számítási módszerüket alkalmazva minél nagyobb a feszített csavar teherbírása a varratéhoz képest, annál kisebb ideális maximumhoz viszonyított arányszámot kapunk.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatot összefoglaló cikkben a normál, illetve feszített csavarok hegesztési varratokkal azonos nyírási síkban történő együttdolgoztatásának lehetőségeivel, viselkedésével és számítási módszereivel foglalkoztam.

A hibrid kapcsolatok számítási nehézségeit az okozza, hogy jelentősen eltérő merevségű és duktilitású kötőele-

mekeket kombinálunk, ezáltal azonos elmozdulási szinthez más mobilizálódott teherbírásérték tartozik a csavarokhoz és a varratokhoz. A témával számos kutatás foglalkozott, melyeket részletes szakirodalom-kutatásom során feltártam és kielemeztem, hogy az egyes kutatók milyen tapasztalatokat vontak le, valamint összefoglaltam az általuk levezetett hibrid kapcsolatok számítására alkalmas összefüggéseket. A kutatások mellett áttekintettem a különböző országokban érvényes szabványokat, melyből kiderül, hogy az egyes előírások milyen módon kezelik a hibrid kapcsolatokat tervezési szinten.

Szakirodalomban publikált, hibrid kötések teherbírásának számítására javasolt összegzési képletek alkalmazását bemutattam két olyan valós szerkezet példáján – Nyugati pályaudvar tetőszerkezete és Déli összekötő vasúti híd főtartója –, melyekkel a szakmám során foglalkoztam. Mindkét esetben egy valós csavarkapcsolatot vizsgáltam fiktív megerősítést feltételezve hibrid kötésként. Az összegzési képletek segítségével meghatároztam a kapcsolatok számított teherbírását, majd ezeket összehasonlítottam egymással, valamint az ideális maximum teherbírással.

Az eredmények alapján látható, hogy adott esetben jelentős teherbírás növekményt is el lehet érni, azonban ahhoz, hogy a módszer szélesebb körben elterjedjen, egy általánosan alkalmazható szabályzati eljárás szükséges. Ehhez véleményem szerint további kísérletekre van szükség, hogy egy statisztikailag jól kiértékelhető eredményhalmaz álljon rendelkezésre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szakdolgozatom írása során rengeteg segítséget kaptam Dr. Horváth Lászlótól és Nagy Zsolttól, akik a teljes feladatomat végigkísérve, folyamatos iránymutatásaikkal és tanácsaikkal lehetővé tették a dolgozat elkészülését.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Kulak, G. L. és Grondin, G. Y. (2003): Strength of Joints that Combine Bolts and Welds, Engineering Journal (Second Quarter).
- [2] Fisher, J. W. (1965): On the Behavior of Fasteners and Plates with Holes, Proc. ASCE, Vol. 91, ST6, 1965, Publication No. 280, Lehigh University.
- [3] Manuel, T. J. és Kulak, G. L. (1998): Strength of Joints that Combine Bolts and Welds, Structural Engineering Report No. 222, University of Alberta.
- [4] Shi, Y., Wang, L., Wang, Y., Ma, J., Bai, R. (2011): Proposed Design Method of Combined Connections with Bolts and Longitudinal welds, Applied Mechanics and Materials, Vols 94–96, 923–928.
- [5] Kim, D. K. és Lee, C. H. (2020): Experimental and Analytical Study of Combined Bolted–Welded Lap Joints Including High–Strength Steel, Journal of Constructional Steel Research, 168, 105995.
- [6] Soliman, M., Russell, B. W., Waite, C., Shen, L., Stringer, E. (2021): Understanding the Behavior of Steel Connections with Bolts and Welds in Combination, Oklahoma State University.
- [7] AISC 360–16: Specification for Structural Steel Buildings, USA Standard
- [8] CSA S16–09: Design of Steel Structures, Canadian Standard
- [9] EN 1993-1-8: Design of Steel Structures – Part 1–8: Design of Joints, CEN, 2012.
- [10] EN 10025-2:2019: Hot rolled products of structural steels – Part 2: Technical delivery conditions of non-alloy structural steels



SALZGITTER MANNESMANN ACÉLKERESKEDELEM

A Salzgitter Csoport vállalata

Jelenlét a világ minden pontján



SALZGITTER
MANNESMANN
ACÉLKERESKEDELEM

A Salzgitter Csoport vállalata



SALZGITTER
MANNESMANN
HANDEL

Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe



SALZGITTERAG
Mensch, Stahl und Technologie

www.salzgitter.hu

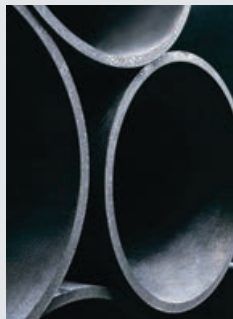
H-1027 Budapest, Horvát u. 14-24.

Telefon: +361 393-5220

info@salzgitter.hu

ACÉL TERMÉK, LOGISZTIKA, SZOLGÁLTATÁS

- melegen hengerelt lapostermékek
- hidegen hengerelt lapostermékek
- hosszútermékek és rúdanyagok
- szerkezeti és precíziós acélcsövek, csődarabolás



Making our world more productive



Linde Green

A Linde Green gázok előállításához 100%-ban megújuló energiát használunk.

www.lindegas.hu

HEGESZTETT ACÉL- ÉS ÖSZVÉRHIDAK VARRATELKERÜLŐ NYÍLÁSÁNAK FÁRADÁSVIZSGÁLATA A GEOMETRIAI FESZÜLTSEGEK MÓDSZERÉVEL

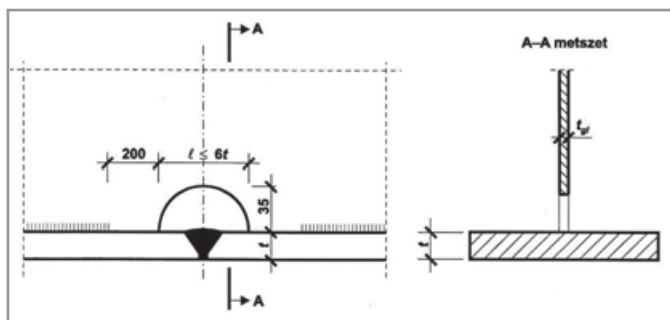
1. BEVEZETÉS

Jelen cikkben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidak és Szerkezetek Tanszéken, a hegesztésszerkezet-tervező szakmérnök szakirányú továbbképzés keretében elkészített szakdolgozatom főbb eredményeit foglalom össze. A szakdolgozatban azt vizsgáltam, hogyan alkalmazható a más mérnöki területeken már jól bevált, de az építőmérnöki gyakorlatban egyelőre még kevésbé elterjedt „geometriai feszültségek módszere” a hegesztett acél- és öszvérhidak egyik jellemző csomóponti részlete, az övlemezillesztéseknél alkalmazott varratelkerülő nyílás fáradásvizsgálatára.

2. A VIZSGÁLT SZERKEZETI RÉSZLET ISMERTETÉSE

A hegesztett acél- és öszvérhidak övlemezillesztésénél gyakran alkalmaznak varratelkerülő nyílást, mivel ennek hiányában a szelvény nyakvarrata és az övlemez illesztővarrata (ha a gerinclemez és az övlemez illesztése azonos keresztmetszetben található, akkor a gerinclemez illesztővarrata is) egy pontban találkozna, ez pedig a hegesztési sajátfeszültségek egymásra halmozódását vonná maga után, ami a szerkezeti részlet fáradási teherbírását kedvezőtlenül befolyásolja. A kivágás emellett megkönnyíti az övlemez illesztővarratának elkészítését, és annak roncsolásmentes minőség-ellenőrzését is.

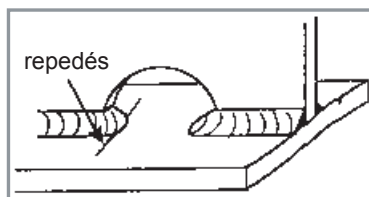
A varratelkerülő nyílás a gerinclemezéből van kivágva, a kivágás élén a nyakvarratot (és ha ide esik, a gerinclemez illesztővarratát is) körbe kell vezetni. A varratelkerülő nyílás geometriáját az 1. ábra mutatja be.



1. ábra: A varratelkerülő nyílás geometriája
[megegyezik [1] 7.22. a) és b) ábrájával]

A szakdolgozatomban a körbevezetett nyakvarrat varratszegélyét vizsgáltam fáradásra, a feltételezett fáradási repe-

dés a gerinclemez tengelyvonalából kiindulva az övlemezben terjed tovább (2. ábra).



2. ábra:
A feltételezett fáradási repedés ([2] 3. ábrája alapján)

3. A GEOMETRIAI FESZÜLTSEGEK MÓDSZERÉNEK ISMERTETÉSE

3.1. Általános ismertetés

A tervezési gyakorlatban általánosan alkalmazott névleges feszültségek módszere csak bizonyos, egyszerűbb esetekben használható, gyakran előfordul azonban, hogy a geometria és/vagy a terhelés olyan összetett, hogy a névleges feszültség alapú fáradási osztályok alkalmazása nem lehetséges. Ezekre az esetekre fejlesztették ki a geometriai feszültségek módszerét, amely elvileg bármilyen geometria és terhelés esetén alkalmazható, és ma már az építőmérnöki szerkezetek fáradásvizsgálata során használt eljárások között is szerepel. Az MSZ EN 1993-1-9:2011 [3] megengedi a módszer alkalmazását, bár ennek módját nem adja meg teljeskörűen, a gyakorlatban általában az International Institute of Welding (IIW) kiadványában [4] szereplő ajánlásokat használják. Megjegyzem, hogy az új generációs EN 1993-1-9:2025 szabvány már ehhez a módszerhez is részletes alkalmazási szabályokat fog adni.

A geometriai feszültségek módszere abban tér el a névleges feszültségek módszerétől, hogy a varratszegélynél számított feszültségek tartalmaznak a vizsgált szerkezeti részlet globális geometriájából és/vagy a terhelés módjából adódó feszültségkoncentráció hatását is (a varratszegélynél lokálisan fellépő nemlineáris feszültségnövekményt azonban nem). Emiatt a geometriai feszültségek módszeréhez más részletosztályok tartoznak, mint a névleges feszültségek módszeréhez, hiszen a feszültségnövelő tényezők egy részének hatása a számított feszültséglengésben jelenik meg.

Az eljárás első lépése a geometriai feszültséglengés meghatározása (ennek lehetséges módjait lásd a 3.2. pontban), majd a névleges feszültségek módszeréhez hasonlóan a feszültséglengés tervezési értékét a részletosztály (ami itt a geometriai feszültséghez tartozik) értékéből számított fáradási szilárdság tervezési értékével kell összehasonlítani, ennek alapján értékelhető a szerkezeti részlet megfelelése.

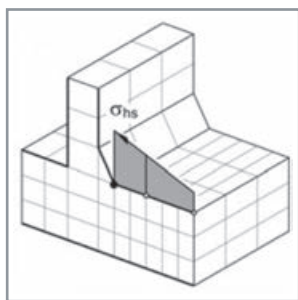
3.2. A geometriai feszültség meghatározásának módjai

3.2.1. A lemez felületén történő extrapolációt alkalmazó módszerek

Az építőmérnöki szerkezetek tervezése során a geometriai feszültség meghatározására leggyakrabban alkalmazott módszer a vizsgált lemezben vagy csőben ébredő normál-feszültséget a szélső szálban, a varratszegélytől távolabb, 2 vagy 3 pozícióban határozza meg, majd ezekből lineáris (jelölése a továbbiakban: LE), vagy nemlineáris (jelölése: NE) extrapolációval számítja a geometriai feszültséget.

A javasolt elemméreteket és az extrapolációs pontok varratszegélytől mért távolságát a geometriai feszültség típusától („a” típus: a varrat szegélye a lemez felületére esik, „b” típus: a varrat szegélye a lemez élén található), a numerikus modellben alkalmazott végelelemektől és a hálósűrűségtől függően az 1. táblázat tartalmazza.

Az extrapoláció módját a 3. ábra mutatja be.



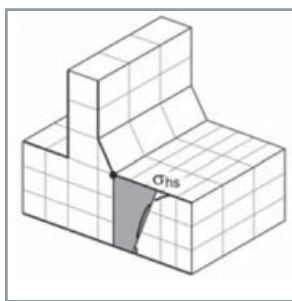
3. ábra: A lemez felületén történő extrapoláció [az ábra megegyezik [5] 4.2.(c) ábrájával]

3.2.2 A lemezvastagság mentén történő linearizálást alkalmazó módszerek

Ezek a módszerek a geometriai feszültséget a lemezvastagság irányában felvett metszetben ébredő feszültségek linearizálásával határozzák meg.

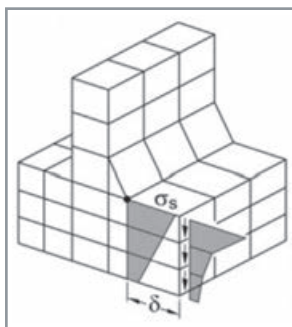
Radaj [6] módszere (jelölése a továbbiakban: R) szerint a metszetet közvetlenül a varratszegélynél kell felvenni. A linearizált feszültségeloszlást úgy kell előállítani, hogy az abból számítható eredő normálerő és hajlítónyomaték megegyezzen a nemlineáris feszültségeloszlásból számíthatóval. A lemezvastagság mentén történő linearizálás módját a 4. ábra mutatja be.

Radaj módszerének továbbfejlesztéseként született meg az ún. Battelle-módszer [7], amely két (lemezvastagság



4. ábra: A lemezvastagság mentén történő linearizálás Radaj módszerével [az ábra megegyezik [5] 4.2.(a) ábrájával]

irányában felvett) metszetben felírt, a normál- és nyírófeszültségekre vonatkozó egyensúlyi feltétel alapján határozza meg a geometriai feszültséget (5. ábra). Ezt az eljárást a szakdolgozatban nem alkalmaztam.



5. ábra: A Battelle-módszer [az ábra megegyezik [5] 4.2.(b) ábrájával]

3.2.3. Egy varratszegélyhez közeli pontban számítható feszültségértéket alkalmazó módszerek

A geometriai feszültség meghatározására szolgáló módszerek harmadik csoportjába azok a módszerek tartoznak, amelyek alkalmazása során a geometriai feszültség értékét egy, a varratszegélyhez közeli pontban számítható feszültségértékkel tekintik egyenlőnek.

Az első ilyen típusú módszert (jelölése a továbbiakban: H) Haibach [8] javasolta, mérései azt mutatták, hogy a varratszegélytől 2 mm távolságban, a lemez felületén található pontban ébredő feszültség több szerkezeti részletkialakítás esetében jól közelíti a geometriai feszültség értékét.

Ebbe a csoportba tartozik a Fricke [9] által javasolt módszer (jelölése: F) is, amely a varratszegélytől az övlemezvastagság felének megfelelő távolságban, a lemez felületén található pontban ébredő feszültségérték 1,12-szorosával megegyező értékűnek feltételezi a geometriai feszültséget.

1. táblázat: A javasolt elemméretek és az extrapolációs pontok távolsága a varratszegélytől (a táblázat megegyezik [4] 2.3. táblázatával)

| Type of model and weld toe | | Relatively coarse models | | Relatively fine models | |
|----------------------------|--------|--|-----------------------------|---|-----------------------------|
| | | Type a | Type b | Type a | Type b |
| Element size | Shells | $t \times t$ $\max t \times w/2^a$ | 10×10 mm | $\leq 0.4 t \times t$ or $\leq 0.4 t \times w/2$ | $\leq 4 \times 4$ mm |
| | Solids | $t \times t$ $\max t \times w$ | 10×10 mm | $\leq 0.4 t \times t$ or $\leq 0.4 t \times w/2$ | $\leq 4 \times 4$ mm |
| Extra-polation points | Shells | 0.5 t and 1.5 t mid-side points ^b | 5 and 15 mm mid-side points | 0.4 t and 1.0 t nodal points | 4, 8 and 12 mm nodal points |
| | Solids | 0.5 and 1.5 t surface centre | 5 and 15 mm surface centre | 0.4 t and 1.0 t nodal points | 4, 8 and 12 mm nodal points |

Ugyancsak ide sorolható Xiao és Yamada [10] módszere (jelölése: X), javaslatuk szerint a geometriai feszültség a varratszegély vonalában, a lemez felületétől mért 1 mm-es mélységben számított feszültséggel megegyező értékűnek feltételezhető.

4. A FÁRADÁSVIZSGÁLAT SORÁN ALKALMAZANDÓ MODELLJELLEMZŐK MEGHATÁROZÁSA

4.1. Bevezetés

Jelen cikkben a varratelkerülő nyílás fáradásvizsgálatát a Wei és tsai. [11] által elvégzett laboratóriumi kísérletek eredményei alapján végzem el. Ennek keretében az ott bemutatott Ts jelölésű kísérletek numerikus szimulációjával határozom meg a kísérletek során tapasztalt fáradási viselkedést legjobban közelítő modell jellemzőit. A vizsgált modellparamétereket a 4.2. pontban, a geometriai feszültség meghatározására szolgáló módszereket pedig a 3.2. pontban mutatom be. Ennek eredményeit használom fel a cikk 5. pontjában bemutatott valós szerkezeti kialakítás modelljének validációjára.

A kutatók a kísérletekhez 9 azonos kialakítású próbatestet készítettek (6. ábra). A két végükön kiszélesedő, összesen 1290 mm hosszúságú próbatestek keresztmetszete egy 100 mm és 400 mm között változó szélességű, 16 mm vastagságú övlemezről, és arra kétoldalt merőlegesen felhegesztett egy-egy 100 mm és 192 mm között változó szélességű, 16 mm vastagságú gerinclemezből áll. A középső, állandó keresztmetszetű szakaszon alakították ki a gerinclemezekben a 40 mm sugarú kivágásokat.

A próbatesteket a két végükön fogták be, és központos, időben változó intenzitású húzóerővel terheltek őket. A terhelés hatására kialakuló névleges feszültség inges az egyes próbatestcsoportok (3–3 próbatest) esetében 63 N/mm^2 , 81 N/mm^2 , illetve 99 N/mm^2 volt.

A fárasztóterhelés hatására a próbatesteken fáradási repedések jelentek meg, elsőként minden esetben a varratelkerülő nyílásban körbevezetett sarokvarrat szegélyénél,

majd innen továbbterjedtek az övlemezben, ennek hatására a gerinc kivágás tetőpontjánál is repedések indultak meg, míg a repedések terjedése végül a próbatestek töréséhez vezetett.

A kutatók cikkükben mindegyik próbatestre megadták a 30 mm, illetve a 60 mm repedéshossz kialakulásához tartozó teherisméltésszámokat (2. táblázat), a 30 mm-es repedéshosszhoz (ezt tekintem a tönkremenetel kritériumának) tartozó isméltésszámokat használom fel a 4.3. pontban a karakterisztikus fáradási szilárdság meghatározásához.

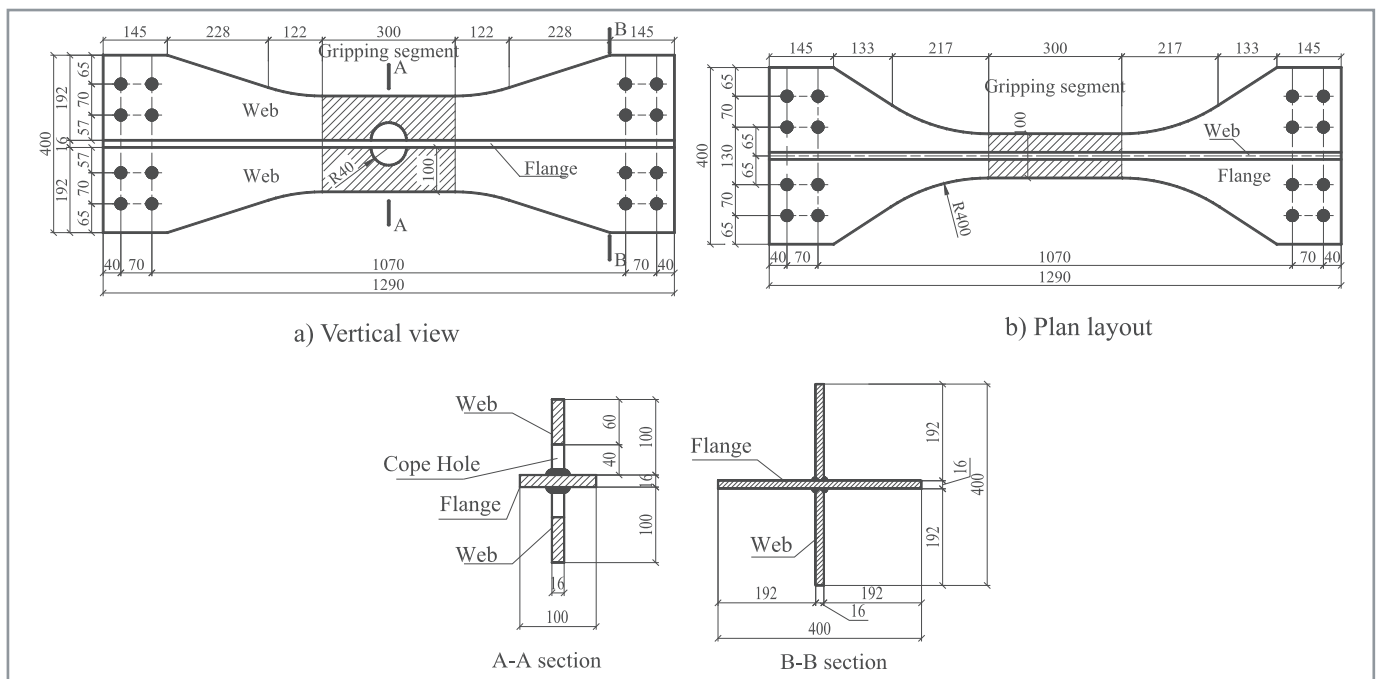
4.2. A végeleemes modellek ismertetése

A 4.1. pontban hivatkozott szakirodalmi cikkben szereplő kísérletek szimulációjához a SOFiSTiK AG által fejlesztett SOFiSTiK végeleemes szoftver 2024-es verziójával 12 különböző kialakítású végeleemes modellt készítettem, ezek eredményeit használom fel a 4.3. pontban a geometriai feszültségek meghatározása során.

A vizsgált modellparaméterek:

- alkalmazott végeleemtípus (kétdimenziós felületelem [jelölése a továbbiakban: Q] vagy háromdimenziós testelem [jelölése: B]);
- modell térbelisége [síkbeli (jelölése: P) vagy térbeli (jelölése: S) modell];
- végeleemes háló sűrűsége (ritka, a teljes tartományon kb. 1 cm-es végeleemméret (jelölése: C) vagy a kivágás környezetében 1 mm-es, máshol kb. 1 cm-es végeleemméret [jelölése: D]);
- a varrat modellezése [a varrat szerepel (jelölése: WY) vagy nem szerepel (jelölése: WN) a modellben].

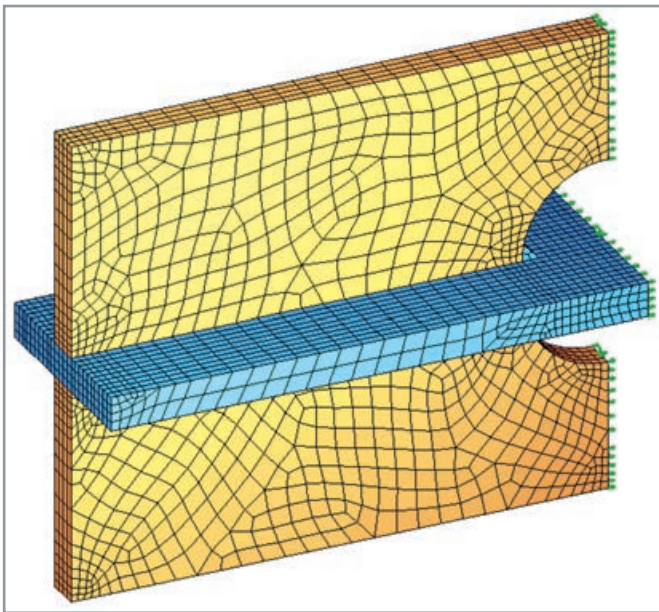
A modellek geometriája a kísérleti próbatestek állandó keresztmetszetű részének geometriájával egyezett meg [a kialakítás szimmetriája miatt hosszirányban csak a próbatestek felét szerepeltettem a modellekben (7. ábra)], a terhelést úgy vettem fel, hogy a hatására a modellek zavartalan zónájában fellépő (névleges) húzófeszültség intenzitása 100 N/mm^2 legyen.



6. ábra: A próbatestek kialakítása [az ábra megegyezik [11] 3. ábrájával]

2. táblázat: Ismétlésszámok adott repedéshosszak kialakulásához az egyes próbatestek esetében (a táblázat megegyezik [11] 4. táblázatával)

| No. | Stress range (MPa) | Number of cycles ($\times 10^4$) | |
|------|--------------------|------------------------------------|-------|
| | | 30 mm | 60 mm |
| Ts11 | 63 | 158.7 | 200.1 |
| Ts12 | 63 | 136.5 | 159.8 |
| Ts13 | 63 | 142.3 | 148.8 |
| Ts21 | 81 | 84.5 | 88.9 |
| Ts22 | 81 | 76.4 | 86.9 |
| Ts23 | 81 | 85.9 | 90.1 |
| Ts31 | 99 | 42.5 | 45.2 |
| Ts32 | 99 | 46.2 | 48.2 |
| Ts33 | 99 | 42.7 | 44.6 |



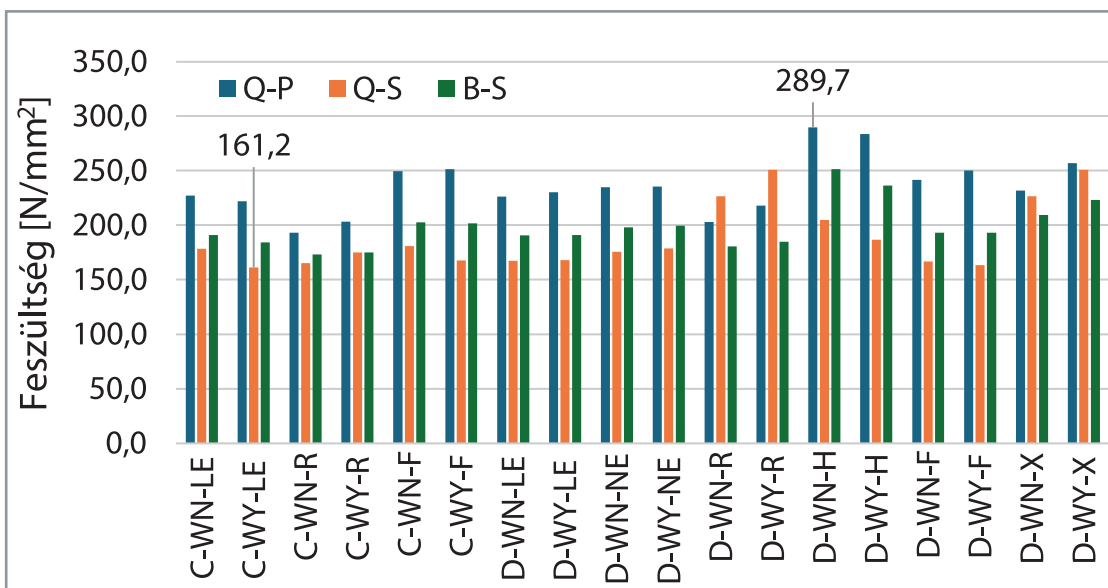
7. ábra: A végeleemes modell geometriája

4.3. A geometriai feszültségek meghatározása, az eredmények értékelése

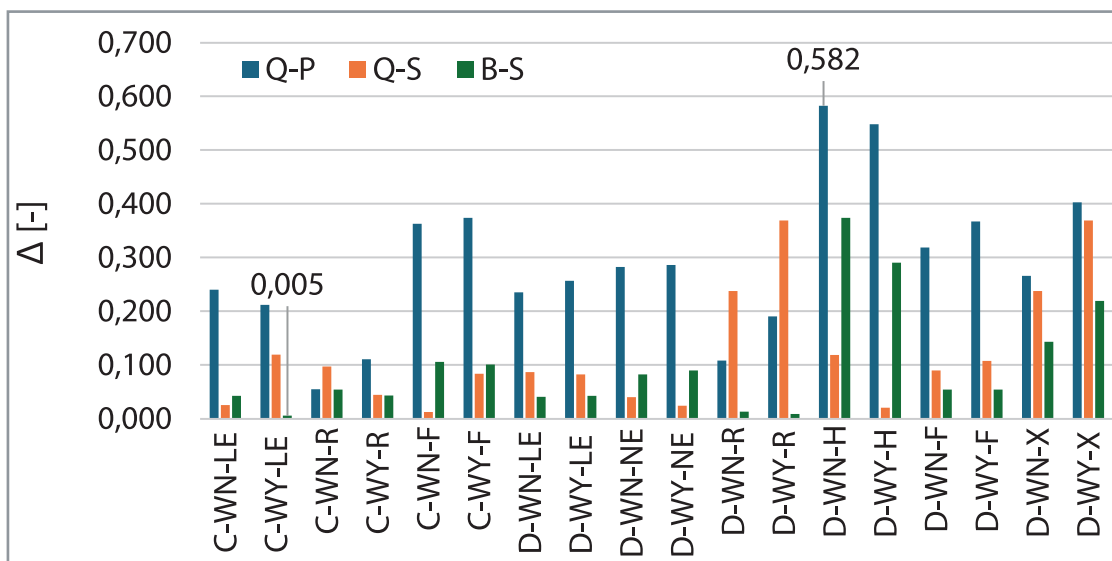
A számítások elvégzése után a végeleemes modellek eredményei alapján meghatároztam a geometriai feszültségek értékeit a 3.2. pontban felsorolt módszerek alkalmazásával, a számítások eredményeit a 8. ábra tartalmazza. Az egyes számítások jelölése az alkalmazott modellparaméterek jelöléséből összeállított modelljelölés (lásd a 4.2. pontban) és a feszültség számítási módszer jelének (lásd a 3.2. pontban) együttese.

Az egyes feszültség számítási módszerekkel meghatározott, 100 N/mm^2 névleges feszültséghez tartozó geometriai feszültség értékeket átszámítottam a kísérletekben alkalmazott névleges feszültség szintekre, majd ezeket a kísérleti tönkremeneteli ismétlésszámokhoz rendelve a legkisebb négyzetek módszerével meghatároztam a 95%-os túlélési valószínűséghez és 75%-os konfidenciaszinthez tartozó karakterisztikus fáradási szilárdságot ($\Delta\sigma_{C,hs}$). Ezt az MSZ EN 1993-1-9:2011 B1. táblázatának 5. sorában szereplő 100-as részletosztállyal ($\Delta\sigma_{C,hs,ref} = 100 \text{ N/mm}^2$) hasonlítottam össze, az egyes feszültség számítási módszereket a

$$\Delta = \left| \frac{\Delta\sigma_{C,hs}}{\Delta\sigma_{C,hs,ref}} - 1 \right| \text{ érték alapján rangsoroltam (9. ábra).}$$



8. ábra: Különböző módszerekkel meghatározott geometriai feszültségek



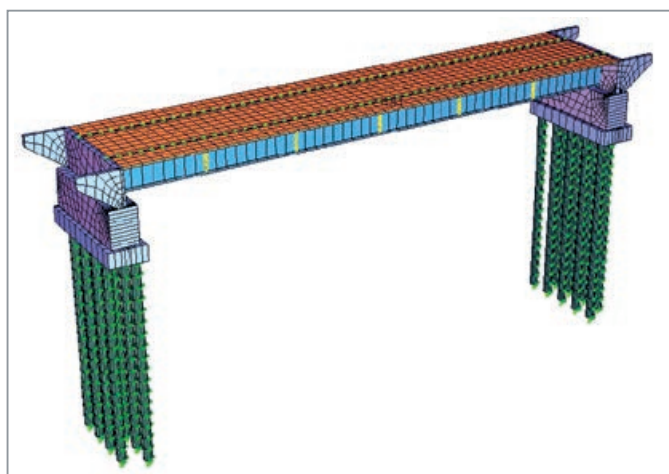
9. ábra: A számított és a szabványos fáradási szilárdság eltérése

A fáradási szilárdság számított és szabványos értékének eltérése a B-S-C-WY-LE ($\Delta = 0,005$) és a B-S-D-WY-R ($\Delta = 0,009$) jelű módszerek esetén a legkisebb, azonban a lineáris extrapolációt (LE) alkalmazó módszer az 5. fejezetben vizsgált gyakorlati példában érvényes geometria vizsgálatára nem alkalmazható, mivel a geometriai méretek arányából adódóan az extrapolációs pontokban már érvényesül a kivágás túlololdalának zavaró hatása. Emiatt az 5. fejezetben leírt vizsgálatok során a sűrített hálózású, a varratot is tartalmazó, testelemekből álló térbeli modell (B-S-D-WY jelű modell) és a Radaj-féle feszültségszámítási eljárást (R jelű módszer) alkalmazom.

5. GYAKORLATI ALKALMAZÁSI PÉLDA – az M3-as autópálya tervezett öszvérhidainak fáradásvizsgálata

5.1. Bevezetés

A cikk 5. pontjában egy gyakorlati példát alapul véve, a 4. pontban meghatározott modelljellemzők felhasználásával hajtom végre a varratelkerülő nyílás fáradásvizsgálatát.



10. ábra: Az M3-as autópálya tervezett szakaszán található B2911 j. öszvérhíd globális végeelemes modelljének látványtervi nézete

A vizsgált szerkezeti részlet geometriáját és fázasztó-terhelését a FŐMTERV Mérnöki Tervező Zrt. (felelős tervező: Goda Balázs) által 2021–2022-ben engedélyezési ter szinten megtervezett, az M3-as autópálya tervezett Vásárosnamény–Beregdaróc oh. szakaszán található 14 hullámterti öszvérhíd kialakítása és terhelése alapján vettem föl, a hidak erőtani számítását én készítettem.

A hidak kialakítása gyakorlatilag azonos, a kéttámaszú, 54,0 m támaszközű felsőpályás öszvérhidak 2 vagy 3 gerinclemezes acél főtartóval épülnek, helyszínrajzilag egyenesek vagy kismértékben ívesek. A 10. ábrán szemléltetésként bemutatom a B2911 j. híd (tervező: Olasz-Szabó Anna) erőtani számításához felhasznált globális végeelemes modell látványtervi nézetét.

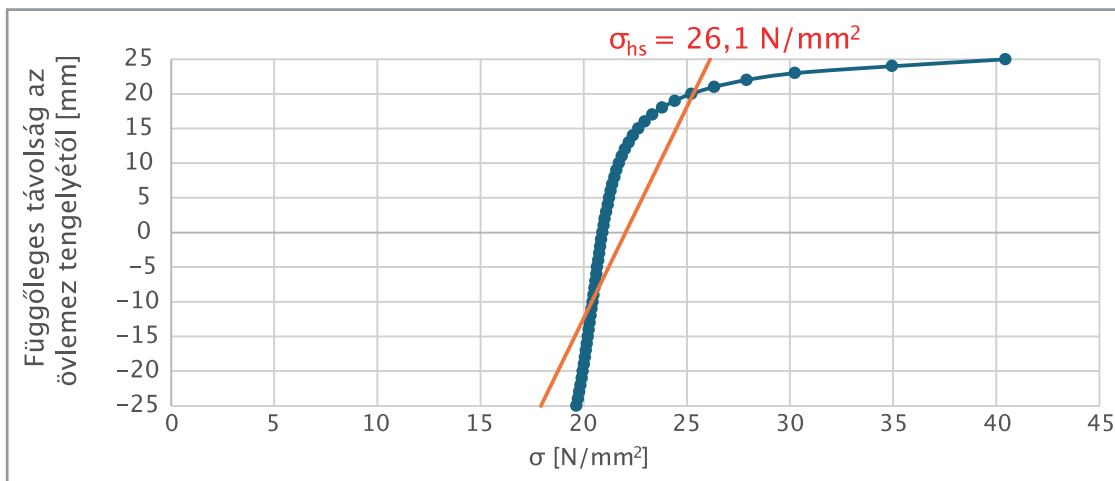
A szakdolgozatomban vizsgált szerkezeti részlet a főtartó gerinclemezeinek és alsó övlemezeinek illesztésénél kialakított, a támaszköz közepén elhelyezkedő varratelkerülő nyílás.

5.2. A végeelemes modell ismertetése

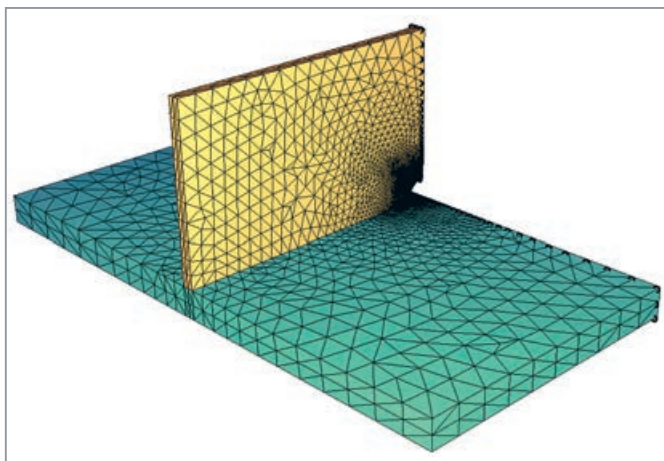
A varratelkerülő nyílás környezetének vizsgált pontjában, azaz a gerinclemez tengelyében, a tartó nyakvarratának végénél fellépő geometriai feszültségeket a SOFiSTiK végeelemes szoftver 2024-es verziójával készített lokális numerikus modellel számítottam.

A lokális végeelemes modellben csak a varratelkerülő nyílás környezetét modelleztem (11. és 12. ábrák). A vizsgált tartószakasz hossza 500 mm, a modellben szereplő gerinclemezszakasz magassága 300 mm, vastagsága 20 mm, az övlemez szélessége 1000 mm, vastagsága 50 mm. A kivágás geometriája 35 mm sugarú negyedkör, a nyakvarrat gyök-mérete 7 mm. A modell teljes egészében testelemekből épül fel, a minimális végeelemméret általában 5 cm, a kivágás környezetében 1 mm.

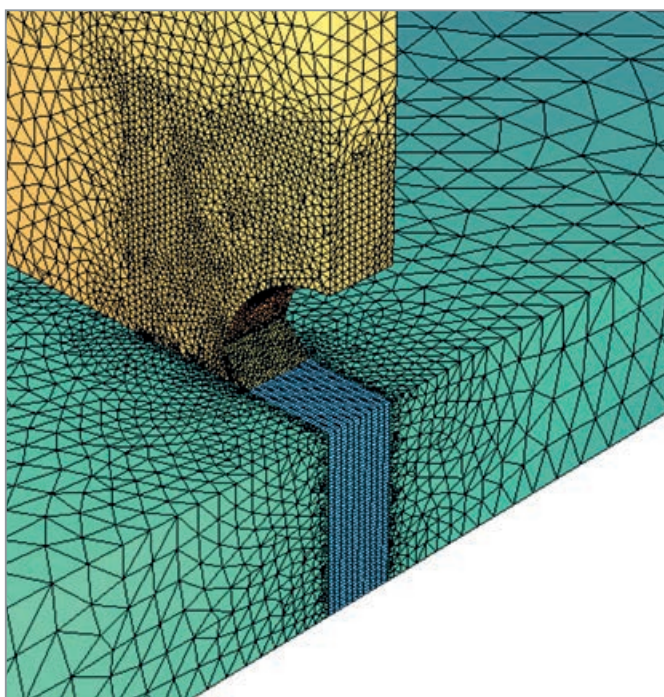
A terhelést úgy vettem fel, hogy a hatására a modell zavartalan zónájában fellépő (névleges) húzófeszültség intenzitása $20,0 \text{ N/mm}^2$ legyen, mivel a globális végeelemes modellben az [1] 6.1.6. pontjában megadott fáradási tehermodell (megegyezik a [12] szerinti 3. közúti fáradási tehermodellel) hatására ekkora maximális névleges normál-feszültség ébredt az alsó övlemezben a támaszköz közepén.



13. ábra:
A geometriai feszültség meghatározása Radaj módszerével



11. ábra: A végeleemes modell geometriája



12. ábra: A végeleemes modell részlete

5.3. A geometriai feszültség meghatározása

A geometriai feszültségeket a 4.3. pontban elvégzett vizsgálatok eredményei alapján Radaj módszerével (lásd a 3.2.2. pontban) számítottam. Ehhez kigyűjtöttem a végeleemes modelltől a gerinclemez tengelyében, a varratszegélynél fellépő normál feszültségeket az övlemez vastagsága mentén, majd ezeket linearizálva számítottam ki a geometriai feszültség értékét, amely $\sigma_{hs} = 26,1 \text{ N/mm}^2$ értékre adódott (13. ábra).

5.4. Fáradásvizsgálat a geometriai és a névleges feszültségek módszerével, a fáradásvizsgálati módszerek összehasonlítása

A szerkezeti részletkialakítás fáradási szempontból mind geometriai, mind névleges feszültségek módszere alapján megfelel, melyet az (1) és (2) képletek szerint igazoltam:

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_{hs}}{k_s \cdot \Delta\sigma_{C,hs}} = \frac{1,00 \cdot 2,0 \cdot 26,1}{0,841 \cdot 100} = 0,714 \leq 1 \quad (1)$$

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_n}{k_s \cdot \Delta\sigma_{C,n}} = \frac{1,00 \cdot 2,0 \cdot 20,0}{0,841 \cdot 71} = 0,770 \leq 1 \quad (2)$$

ahol

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

$$\lambda = 2,0$$

$$\Delta\sigma_{hs} = 26,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_n = 20,0 \text{ N/mm}^2$$

$$k_s = (25 \text{ mm} / t_{\text{övlemez}})^{0,25} = (25 \text{ mm} / 50 \text{ mm})^{0,25} = 0,841$$

a fáradást okozó terhelés biztonsági tényezője az [1] 6.3.1.1. pontja szerint, az [1] 6.3.4. pontja szerinti egyenértékű károsodási tényező mezőben található keresztmetszetekre (a híd erőtani számításából átvéve), a fáradási járműmodell hatására fellépő maximális geometriai feszültség-lengés értéke (a kéttámaszú tartó alsó övlemezében nem ébred nyomófeszültség a fázastóterhelésből, így $\Delta\sigma_{hs} = \sigma_{hs}$, σ_{hs} értékét lásd az 5.3. pontban),

a fáradási járműmodell hatására fellépő maximális névleges feszültség-lengés értéke (lásd az 5.2. pontban), az [1] 6.3.7.2. pontja szerinti méret-hatás-tényező,

$\Delta\sigma_{C,hs} = 100 \text{ N/mm}^2$ a geometriai feszültségekre vonatkozó fáradási szilárdság értéke (lásd a 4.3. pontban),
 $\Delta\sigma_{C,n} = 71 \text{ N/mm}^2$ az [1] 6.3. táblázatában található 12. részlet alapján a névleges feszültségekre vonatkozó fáradási szilárdság értéke,
 $\gamma_{Mf} = 1,15$ a fáradási szilárdság biztonsági tényezője a főtartó elemeinek vizsgálatához (károsodást megengedő módszer) az [1] 6.3.1.2. pontja alapján.

Látható, hogy a geometriai feszültségek módszerével és a névleges feszültségek módszerével elvégzett fáradásvizsgálat hasonló eredményt adott, a különbség $\sim 7\%$.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, KONKLÚZIÓ

A hegesztettszerkezet-tervező szakmérnöki képzés keretében elkészített szakdolgozatomban a hegesztett acél- és öszvérhidak övlemezillesztésénél alkalmazott varratelkerülő nyílás fáradási viselkedését vizsgáltam a geometriai feszültségek módszerével.

A vizsgált szerkezeti részletkialakítás és az alkalmazott fáradásvizsgáló módszer bemutatása után numerikus modellek által adott eredmények alapján kimutattam, hogy az alapul vett, korábban elvégzett kísérletek eredményeit lokálisan sűrített hálózású, testelemekből álló térbeli modell, és a Radaj-féle feszültségmeghatározási módszer alkalmazásával lehet a legjobban megközelíteni. Ezeket a számítási és modelljellemzőket használtam az M3-as autópálya tervezett szakaszán elhelyezkedő öszvérhidak varratelkerülő nyílásának fáradásvizsgálata során. Itt a geometriai feszültségek módszere mellett a névleges feszültségek módszerét is alkalmaztam, majd ezeket összehasonlítva kimutattam, hogy a két módszer közel azonos eredményre vezet.

A két fáradásvizsgáló módszert összehasonlítva elmondható, hogy a geometriai feszültségek módszerének alkalmazása jelentősen összetettebb modellezést és eredménykiértékelést kíván meg, mint a névleges feszültségek módszere; a vizsgált, relatíve egyszerű esetben (állandó övlemezvastagság, nincs nyírás) nem feltétlenül indokolt a használata, de bonyolultabb esetekben, ahol a névleges feszültségek módszere nem alkalmazható, szükségessé válhat.

Megjegyzem, hogy a szakirodalomban fellelhető kutatások a kísérleti adatok elemzése alapján kimutatták, hogy a nyírófeszültségek jelentősen befolyásolják a varratelkerülő nyílás fáradási teherbírását. A szakirodalomban nem találtam a gyakorlatban is alkalmazható módszert arra vonatkozóan, hogy a geometriai feszültségek módszerének alkalmazása során hogyan lehet figyelembe venni a normális és a nyírófeszültségek együttes hatását, illetve hogyan csökkenti a nyírófeszültség jelenléte a normálfeszültségekre

vonatkozóan figyelembe vehető fáradási teherbírást. Ennek a gyakorlati szempontból is fontos problémakörnek a vizsgálata egy jövőbeni kutatás témája lehet.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, Dr. Dunai László egyetemi tanárnak és Dr. Kövesdi Balázs egyetemi docensnek a szakdolgozat készítése során adott tanácsaikért, Dr. Budaházy Viktor egyetemi adjunktusnak pedig a szakdolgozat bírálatában megfogalmazott hasznos észrevételeiért.

Köszönöm családtagjaimnak, hogy a szakdolgozatírás időtartama alatt mindenben támogattak.

8. HIVATKOZÁSOK

- [1] e-UT 07.01.13:2011 – Acélhidak. Közúti hidak tervezése (KHT) 3.
- [2] Miki és Tateishi – Fatigue Strength of Cope-Hole Details in Steel Bridges, International Journal of Fatigue 19 (1997), pp. 445–455, Elsevier, 1997
- [3] MSZ EN 1993-1-9:2011 – Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése – 1–9. rész: Fáradás
- [4] Hobbacher – Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components, 2nd Edition, Springer Verlag, 2016
- [5] Niemi et al. – Structural Hot-Spot Stress Approach to Fatigue Analysis of Welded Components, Designer's Guide, 2nd Edition, Springer Verlag, 2018
- [6] Radaj – Design and Analysis of Fatigue Resistant Welded Structures, Abington Publishing, 1990
- [7] Dong – A Structural Stress Definition and Numerical Implementation for Fatigue Analysis of Welded Joints, International Journal of Fatigue 23 (2001), pp. 865–876, Elsevier, 2001
- [8] Haibach – Die Schwingfestigkeit von Schweissverbindungen aus der Sicht einer örtlichen Beanspruchungsmessung, LBF-Bericht FB-77, Fraunhofer-Inst. für Betriebsfestigkeit, 1986
- [9] Fricke – Recommended Hot-Spot Analysis Procedure for Structural Details of Ships and FPSOs Based on Round-Robin FE Analyses, Int. J. of Offshore and Polar Engineering 12 (2001), pp. 40–47, 2001
- [10] Xiao és Yamada – A Method of Determining Geometric Stress for Fatigue Strength Evaluation of Steel Welded Joints, International Journal of Fatigue 26 (2004), pp. 1277–1293, Elsevier, 2004
- [11] Wei et al. – Fatigue Assessment and Stress Analysis of Cope-Hole Details in Welded Joints of Steel Truss Bridge, International Journal of Fatigue 100 (2017), pp. 136–147, Elsevier, 2017
- [12] MSZ EN 1991-2:2006 – Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások – 2. rész: Hidak forgalmi terhei



Nullifire
Smart Protection

Teljeskörű termékkínálat!
Nullifire acél tűzvédő bevonatok



ETA
21/0683

SC605

Az SC605 oldószeres, borátmentes, magas szárazanyag-, alacsony VOC -tartalmú, tűzvédő bevonat. Bel és kültéri acélszerkezetek 60 perces tűz elleni védelmére optimalizálva.

SC803

Az SC803 vízzel hígítható tűzvédő bevonat. Beltéri és időjárás behatásoktól védett kültéri acélszerkezetek tűzvédelmére, 90 perces tűzállóság.

SC902

Szabadalmaztatott hibrid technológián alapuló, alacsony VOC-tartalmú, kétkomponensű, egyrétegű tűzvédelmi bevonat. Gyors száradás, acélszerkezetek hatékony tűzvédelme, 120 perces tűzállóság.



ETA
20/1210

mipa

Professional Coating Systems

MIPA HUNGARIA KFT
8000 SZÉKESFEHÉRVÁR,
ZSÚRLÓ UTCA 2.

Tel: +36 22 514 510

Fax: +36 22 514 517

info@mipahungaria.hu

www.mipahungaria.hu

A termékek gyártója:

 Construction
Products Group
Europe



ETA
20/1216

DR. SZABÓ BERTALAN:

ÖSZVÉRSZERKEZETEK TERVEZÉSE AZ EUROCODE SZERINT

Válogatott fejezetek



Jelen cikk szerzője az „Öszvérszerkezetek tervezése az Eurocode szerint – Válogatott fejezetek” című szakkönyv szerkesztője, valamint minden fejezetben szerzője (az 5. fejezet Sas Viktor okleveles építőmérnökkel íródott, mint társszerzővel). A könyv a TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. gondozásában 2025 márciusában jelent meg (ISBN: 978 615 6744 08 1, 393 oldal). A kiadványt 16 számpélda, 180 ábra és 105 táblázat gazdagítja.

Az öszvérszerkezetek építésének elterjedése a nagyvilágban és Magyarországon is a II. világháború utáni időkre tehető. Az 1990-es évek elején megjelenő tartószerkezeti Eurocode-ok – és a mögöttük álló kutatások – nagy lökést adtak az öszvérszerkezetek további fejlődésének, különösen a magasépítési szerkezetek területén. A BME Építőmérnöki Karának oktatásába ezért szükségesnek látszott jelen szakkikk szerzőjének felvetésére és aktív közreműködése mellett a Magasépítési Öszvérszerkezetek című tárgy bevezetése 2001 tavaszán. Az elkészített oktatási anyagokra támaszkodva a tantárgyat más hazai

egyetemen is előadják/előadták azonos néven. A BME Hidak és Szerkezetek Tanszéken, a 2015 ősztől fokozatosan bevezetett kari reformterv az öszvérszerkezetek tárgyak oktatását a korábbiaktól eltérő struktúra szerint írja elő, csaknem azonos tartalom mellett (e szerkezetekkel foglalkozó projektek száma jóval csökkent).

A hídépítés területén az öszvérszerkezeteknek már jelentős hagyománya volt. A korábbi magyar szabványok öszvérhidak tervezését csak repedésmentes keresztmetszet feltételezésével engedték meg, melynek biztosítása sok esetben nehézségekbe ütközött, viszont az Eurocode megengedi (és ma már a hazai szabványok is) a berepedt keresztmetszet feltételezésével történő méretezést. Így megnyílt az út a 100–120 m fesztávolságig gazdaságosan alkalmazható hazai öszvérhidak tervezéséhez. Az utóbbi másfél évtizedben a számítástechnika is rohamosan fejlődött. Ma már elképzelhetetlen a szerkezettervezés megfelelő szintű végelemes modell alkalmazása nélkül. Nemcsak a számítástechnika fejlődött napjainkban, hanem új méretezési eljárások, mint például a földrengés- és tűzterherre történő tervezés is megjelentek a szerkezettervező mérnök feladatai között.

Az 1960-as évek óta 2017-ig öszvérszerkezetek témakörben Eurocode szerint ugyan készültek oktatási anyagok, tervezési segédletek és szakkikkek, azonban tan-, illetve szakkönyvek nem. Ez a tény sarkallta arra e szakkikk szerzőjét, hogy oktatási, kutatási és tervezési tapasztalatai alapján megírja a „Hajlított, nyírt öszvértartók tervezése az Eurocode-dal összhangban” című szakkönyvét, mely a TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. gondozásában jelent meg 2017-ben (ISBN: 978 615 5445 49 1, 218 oldal). E munka azonban nem tartalmazta a részlegesen körbebetonozott öszvérgerendák, a tartóbetétes öszvérhidak, az öszvéroszlopok tervezését, valamint az öszvérszerkezetek tűzterherre történő méretezését sem.

A most megírt szakkönyv e fejezeteket veszi górcső alá. Megjegyezzük még, hogy a tűzvédelem aktív és passzív lehet. Az utóbbit a vonatkozó tartószerkezeti Eurocode-ok szerint ismertetjük a műben. Az előbbinél a tüzeset azonnali megszüntetése a cél, különböző beépített berendezések alkalmazásával, melyek tervezése nem építőmérnöki feladat. Az elméleti részeket csaknem minden esetben számpéldák illusztrálják, a jobb megértést szolgálva.

Jelen szakkönyv elkészítését nem könnyítette meg az a tény, hogy az Eurocode-ok a könyv írásának idején megújulnak, azaz második generációs Eurocode családhoz tartozó szabványok jelennek meg. Ezek összes eleme várhatóan 2027 októberéig készül el a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) közlése szerint. Az egyes szabványok nemzeti bevezetése (magyar címlappal, angol nyelvű tartalommal) a kiadásuktól függetlenül folyamatosan történik. Az első generációs Eurocode-ok 2028. március 31-ig érvényesek (MSZT). Erre az időpontra a vonatkozó szabványok ismerete a zökkenőmentes átállás érdekében elengedhetetlen. A két szabványgeneráció vegyes alkalmazása nem tanácsolt, kivéve, ha az adott tervezési feladathoz szükséges összes második generációs szabvány már rendelkezésre áll nemzeti szinten. E szakkönyv csaknem kizárólag öszvérszerkezetek tervezési kérdéseivel foglalkozik, de nem állnak még rendelkezésre az új, magyar címlappal ellátott Eurocode 4 szabványok e könyv írásának idején, ezért a vonatkozó, csupán angol nyelvű – második generációs – előszabványok (prEN-ek) nyújthattak segítséget az új ismeretek megismerésére. E standardok néhány aprónak tűnő változást (de jelentőseket is) tartalmaznak. Például, új duktilitási kategóriák bevezetése, a nyírt fejes csapok képletének módosítása (csaphossz limitálása is), valamint képlekeny számítás esetén a beton nyomószilárdságának tervezési értéke 0,85-os szorzótényezőjének megválto-

zása 1,00-ra minden öszvér szerkezeti elem esetén. E változtatások az öszves eddig megjelentetett számpéldák, valamint az ez idáig tervezett öszvérszerkezetek erőtani számításainak átdolgozását jelenthetik. Ez utóbbi meglévő szerkezetek újratervezésénél kiemelt jelentőségű lehet. A mű – az öszvérszerkezetek standardjaira/előírásaira történő hivatkozáskor – közli a magyar nyelvű (még érvényben lévő) és az előszabványi rész tartalmának azonosításához szükséges adatokat (fejezet, szakasz, bekezdés és egyenletszámozás).

Megjelennek a munkában jelen cikk szerzője által még nem publikált részek is. Ezek: az épületek részlegesen körbebetonozott acélszelvényű öszvérgerendái (normál hőmérsékleten), integrált acélgerendás öszvérfödémek, a húzó membránérők hatása tárgyörök és egy új, kibetonozott csőszelvényből álló öszvéroszlop tervezési módszer is. Utóbbiak emelt hőmérsékleti állapotra vonatkoznak. Az 5. fejezet hiánypótlónak tekinthető, mert az öszvérszerkezetek tűzterherre történő méretezése témakörben magyar nyelven még nem jelent meg hasonló, szakszerű, átfogó munka.

Szerkezetét tekintve a mű öt fejezetből áll. Ezek mindegyike kitér az öszvérszerkezetek első és második generációs Eurocode 4 szabványok szerinti méretezésre. A könyv „**Bevezetése**” összefoglalja e sorok szerzőjének negyedik bekezdésében közölt szakkönyve bevezetésében foglaltakat, kitér a második generációs Eurocode családdhoz tartozó szabványok vonatkozó új ismereteire (pl. az új duktilitási kategóriákra nyírt kapcsolóelemek esetén, ahogy azt az ötödik bekezdésben írtuk).

A **második fejezet** épületek részlegesen körbebetonozott acélszelvényű öszvérgerendáinak tervezésével foglalkozik. Bár e tartók súlya nehezebb a normál szerkezeti acéllal rendelkező öszvértartókénál, de betonozásuk könnyen megvalósítható (az acélszelvények zsaluzatot biztosítanak), és tűzvédelmi szempontból is kedvezőek.

A **harmadik fejezet** tartóbetétes (acélgerenda-betétes) öszvérhidak tervezésével foglalkozik. Részletesen közli egy 16 m fesztávú, két szimmetrikusan elrendezett, egyvágányú, hegesztett szelvényű acélgerenda-betétes vasúti öszvérhíd felszerkezetének

erőtani számítását. Célszerű melegen hengerelt szelvényű acélgerendák helyett olyan hegesztett szelvények alkalmazása (kéttámaszú szerkezetek esetén), melyek felső öve kisebb méretű (nem szimmetrikus tartó), mert ez utóbbi a nyomott betonban van (nincs horpadásveszély), s jobban lehetővé teszi a kengyelek/vasalás elhelyezését az acélgerendák között. Esetleges túlemelés e tartók esetén könnyebben kialakítható, mint a melegen hengerelt szelvényűeknél. Már korábban is készültek tartóbetétes öszvérszerkezetek, csak a betét (vasúti sín, acélgerenda) teljesen körbebetonozott volt, szemben az Eurocode 4 szerinti tartókkal, melyeknél a szerkezeti acél alsó övére feltámaszkodó cement alapú, bennmaradó lemezre kerül a monolit vasbeton.

A **negyedik fejezet** öszvéroszlopok normálhőmérsékleti tervezésével foglalkozik. Számpélda szinten is kitér körbebetonozott, részben körbebetonozott, kibetonozott acélszelvényű, kibetonozott, csőszelvényű, tartóbetétes csőszelvényű öszvéroszlopok méretezésére. E tartókat parkolóházaknál és magas épületeknél, valamint nagy terhelésű hidak alátámasztásaként lehet alkalmazni. A korábbi magyar szabványok a kibetonozott acélszelvényű öszvéroszlopokat a vasbeton szerkezetek tárgyörökben tárgyalták, de az Eurocode – kiterjedt kutatásokra támaszkodva – az öszvérszerkezetek között taglalja.

Az **ötödik fejezet** – mely a munka legterjedelmesebb része – öszvérszerkezetek tűzhatásra történő tervezésével foglalkozik. E tartók tűzterherre történő tervezésének alapjai kiterjednek többek között az épületeszerkezetek tűzvédelmi követelményeire, a tűzmodellekre, a tűzhatásra történő tervezés lépéseire, a tűzfolyamat kiválasztására, a tűzterhernek kitért szerkezeteket érő hatásokra, a tűzvédelmi követelményeknek való megfelelés igazolási módszereire, az anyagjellemzőkre és a termikus jellemzőkre. Az előbbi szakaszokban más betűtípussal szedtük az általános és az öszvérszerkezetekre vonatkozó részeket. E fejezet az öszvértartó beton-, vagy öszvérlemezek, majd az öszvérgerendák és integrált acélgerendás öszvérfödémek méretezésével folytatódik. Ezeket követi a védelem nélküli tömör gerendákból, vagy sejtartókból, valamint öszvérlemezről álló öszvérszerkezetek és védelem

nélküli/védett megtámasztó tartóik méretezése tűzterherre a húzó membránérők hatásának számításbavételével alfejezet. Végül az öszvéroszlopok tűzeseti tervezése és a tűzhatásnak kitért öszvértartók szerkesztési szabályai alfejezetek zárják a sort. A szerkezeti elemek méretezésére általában az úgynevezett egyszerű számítási eljárásokat alkalmaztuk, bár a vonatkozó szabványok a részletes számítási modellek alkalmazását is lehetővé teszik. E modellek megalkotásához a módszer általános elveket tartalmaz csak. Ráadásul, az ezzel a módszerrel kapott számítási eredményeket laboratóriumi tesztekkel is ellenőrizni kell. Az úgynevezett táblázatos eljárást nem reprodukáltuk a műben, de hasznos lehet a normálhőmérsékleti számítással megtervezett öszvérgerendák és öszvéroszlopok ellenőrzésekor. E módszer nemcsak a tűzállóság igazolására, hanem a keresztmetszeti méretek közelítő felvételére is alkalmas. Az öszvérszerkezetek tűzeseti számítására térítésmentes és kereskedelmi szoftverek ugyan rendelkezésre állnak, de ha ezek nem a táblázatos eljárásokon alapulnak, akkor a vonatkozó szabványok laboratóriumi tesztekkel írhatnak elő a modellek érvényességének igazolására.

Ezt az Eurocode alapokon nyugvó könyvet egyetemi hallgatók és gyakorló mérnökök egyaránt használni forgathatják a negyedik bekezdésben megnevezett szakkönyvben foglaltak, valamint a szükséges ismereteket tartalmazó acél- és vasbeton szerkezetek tantárgyak fejezetei tudásának birtokában.



Dr. Szabó Bertalan
ny. egyetemi docens
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

FERROKOV

VAS ÉS FÉMIPARI KFT.

MÁR TÖBB MINT 30 ÉVE ÁLL A TÖKÉLETES FELÜLETVÉDELEM SZOLGÁLATÁBAN.

A folyamatos fejlesztéseknek, a magas szintű műszaki kultúrának, valamint a vevői minőségi elvárások mindenkor szem előtt tartásának köszönhetően mára a cég térségének egyik legjelentősebb munkáltatójává nőtte ki magát, és a dél-somogyi, segesi központ mellett Észak- és Kelet-Magyarországon is bír telephelyekkel.

Legfőbb erőssége acélszerkezetek, acélalkatrészek és kötőelemek sorozatgyártása, valamint azok felületvédelemmel (tűzhorganyzás, galvanizálás, porfestés, hagyományos festés) történő ellátása

A fentiekhez szükséges gyártási technológiák – (cső- és lemez)lézervágás, hajlítás, stancolás, kézi- és robothegesztés, CNC marás és -fúrás, felületvédelmi eljárások – alkalmazásához modern, folyamatosan frissülő géppark párosul.

A Ferrokov Kft. természetesen rendelkezik a megfelelő nemzetközi tanúsítványokkal, mind a minőségbiztosítás, mind a környezetirányítás, mind pedig a horganyzási-, hegesztési- és acélszerkezet gyártási technológiák tekintetében.

Mindezeknek köszönhetően a Ferrokov Kft nemzetközi elismertsége és keresettsége rendkívül magas szintű, ennek megfelelően forgalmának több mint 90%-át a nyugat-európai és tengerentúli exportpiacokon bonyolítja. Főbb partnerei között megtalálhatók globális piacvezető építőipari és energetikai cégek, de a cég által gyártott alkatrészek agrárparban, közlekedésiparban és egyéb gépipari környezetben is felhasználásra kerülnek.

PROFIL:

-acélszerkezet gyártás
-tűzhorganyzás mártásos és centrifugális technológiákkal
(EN ISO 1461/2000)
Horganyzó kádaink:
4000 x 1200 x 2300 mm-es acélkád
4900 x 900 x 1200 mm-es acélkád
2600 x 900 x 1200 mm-es kerámikád
-Manuális- és robothegesztés
(EN 1090-1:2009/AC:2010, DIN 18800-7 D osztály
és DIN EN 3834-2)
-galvanizálás automatizált soron

-kötőelem gyártás (5.6-8 8.8-10.9) anyagminőségig:
M8-M36 méretig.)
Egyenes és hajlított rúdcsavarok M8-as mérettől.
-lézervágás (CNC) – lemez és cső
-esztergálás (CNC)
-élhajlítás (CNC)
-festés, porfestés
-szemcseszórás
-nagy pontosságú CNC marás, megmunkálás

FERROKOV Vas-és Fémipari Kft. | H-7562 Segesd, Pálmaház utca 1.

Tel.: +36 82 598-900 vagy +36 82 598-919
Fax: +36 82 598-910
E-mail: info@ferrokov.hu
Web: www.ferrokov.hu

Gelicz József - termelési igazgató
(+36 20 9492-463)
Kocsis Péter - kereskedelmi vezető
(+36 20 6166-462)

AKÁR 50%-S
KÖLTSÉGCSÖKKENTÉS



KIEMELKEDŐ
TERMELÉKENYSÉG



MEGBÍZHATÓAN
ROBOSZTUS



KIVÁLÓ
ERGONÓMIA



5 ÉV
GARANCIA*

* áramforrásokra vonatkozik:
3 év normál garancia
2 további év a végfelhasználó
regisztrációjától számítva.

SPEEDTEC® PULSE RANGE TÖKÉLETES TELJESÍTMÉNY

Az új SPEEDTEC® 400SP és 500SP harmadik generációs, többfunkciós áramforrások, amelyek kiemelkedő minőségű hegesztéssel és magas hatékonyságú eljárásaikkal növelik a termelékenységet és a újabb lépést jelentenek a professzionális hegesztés jövőjének útján.

- **Speed Short Arc**: gyorsabb hegesztés alacsonyabb hőbevitel mellett.
- **High Penetration Speed™** a mély beolvadású hegesztési folyamatokhoz.
- **Soft Silence Pulse™** csökkenti a zajt és egyértelműen jobban nedvesíti a rozsdamentes acélt.
- **MECHAPULSE™** kiváló minőségű varratok pikkelyezett varrat megjelenéssel.
- Magas bekapcsolási idejű, többféle eljárásra alkalmas áramforrások.
- Mindkétoldalon teljesen szigetelt PCB, kiválóan ellenáll a pornak, nedvességnek, rázkódásnak vagy rezgésnek.
- 5 éves garanciával megerősített igazán nagy teherbírás.
- Moduláris koncepció bármilyen követelmények megfelelő konfiguráció kiépítéséhez.
- Az ergonómikus tervezés megkönnyíti a hegesztők munkáját.

☎ +36 70 610 9582

✉ svegso@lincolnelectric.eu

www.lincolnelectriceurope.com

LINCOLN®
ELECTRIC

A LÉPCSŐ, MINT MŰVÉSZET – A MOL CAMPUS ÉS A SPIRÁLLÉPCSŐK

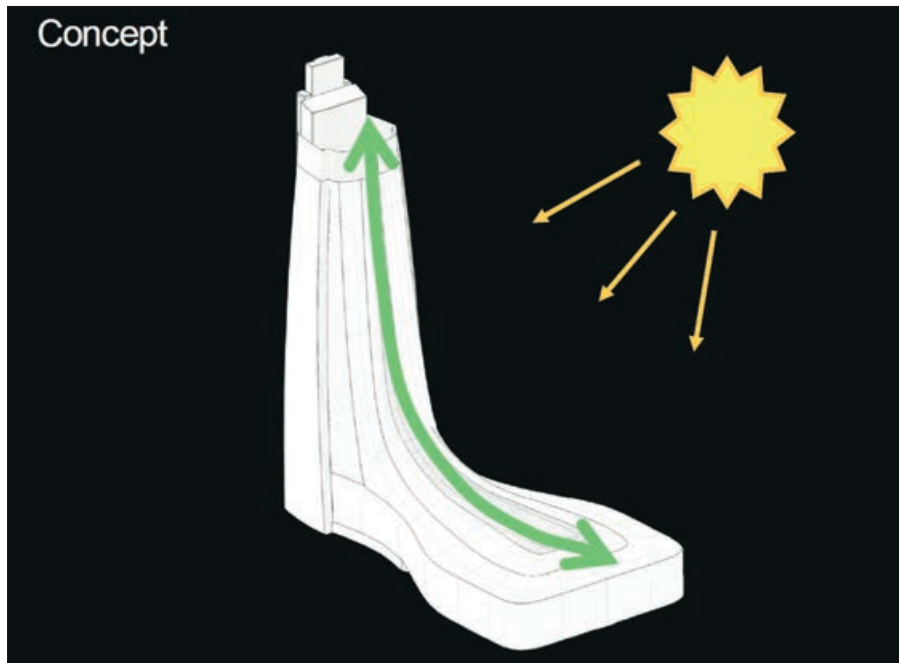
Budapest egy történelmileg új városrészén, ahol száz évvel ezelőtt még a Duna terült el, épült meg a MOL Campus épülete. A lokáció szempontjából egyre népszerűbb terület az elmúlt évtizedekben folyamatos fejlődésen esett át, ennek újabb állomásaként a Lágymányosi-öböl északi partján, a Kopaszi-gát és az Infopark szomszédságában kapott helyet a tárgyalt új épület.

A beruházói cél egy olyan intézmény létrehozása volt, mely több, mint egy munkahely. A beruházói szempontok között szerepelt, hogy a megjelenésével ne csak a MOL Csoport zászlóshajója legyen, de annak piaci értékét is reprezentálja, ugyanakkor a cég otthonaként is szolgáljon.

A Foster + Partners koncepcióterve alapján a Finta és Társai Építész Stúdió generáltervezőként készítette el az engedélyezési, majd a kiviteli terveket is. Az első vázlatok után egyértelművé vált az a tulajdonosi igény, hogy a „családon”, vagyis az itt dolgozó közösségen belül demokratikus viszonyok legyenek hangsúlyozva, ennek megfelelően a tömegalakítás során az ne külön torony és külön pódium legyen. Az elképzelés alapján olyan tömeg jött létre, ahol a két tömeg organikus kapcsolata eliminálja a határokat. A nyaktag formai gesztusa az épület külső és egyben belső megjelenésében is irányelv, a teljes épületre kiterjedő formanyelvé vált.

A másik hangsúlyos hívószó a nyitottság volt, mely jellemzi a MOL Campust. Az épület nincs elkerítve, mert cél volt, hogy szervesen összeforrjon környezete a Kopaszi-gáttal, ennek megfelelően a földszint is szabadon látogatható. A vendégek betekintést nyerhetnek az öt emelet magas átriumba, melynek üvegteretén át érzékelhető a torony teljes magassága.

A belső térrendezést tekintve az egyes szervezeti egységeknek meghatározott helyük van, de a MOL által képviselt új szellemiség keretében az alkalmazottaknak nincs dedikált munkahelyük, hanem az aktuális igények



Látványterv: Foster + Partners



Fotó: Palkó György

nek megfelelően lehetőségük nyílik használni az egy-két fős fókusz szobákat, tárgyalókat, vagy akár a kerteket idéző „green office-okat”. Mindezek biztosításához rendkívül előremutató informatikai rendszer fejlesztése vált szükségessé.

A toronyban három szintet magában foglaló egységeket, vagyis tripletekt alakítottunk ki, melyek legelső szintjén kerteket hoztunk létre, azaz úgynevezett Sky Gardeneket, egyféle vá-

laszként arra, hogy a napi kommunikációban továbbra is a személyes találkozások bizonyulnak a leghatékonyabbak. A tripleteken belüli kapcsolatokat segítő belső lépcsőket terveztünk. Ezek megjelenésükben, műszaki igényességükben az épület egyik ékkövének szerepét is betöltik. A tripletek legelső szintjéről 270 fokban ívvelíró spirállépcső nyújtózik fel az első, majd második szintre.



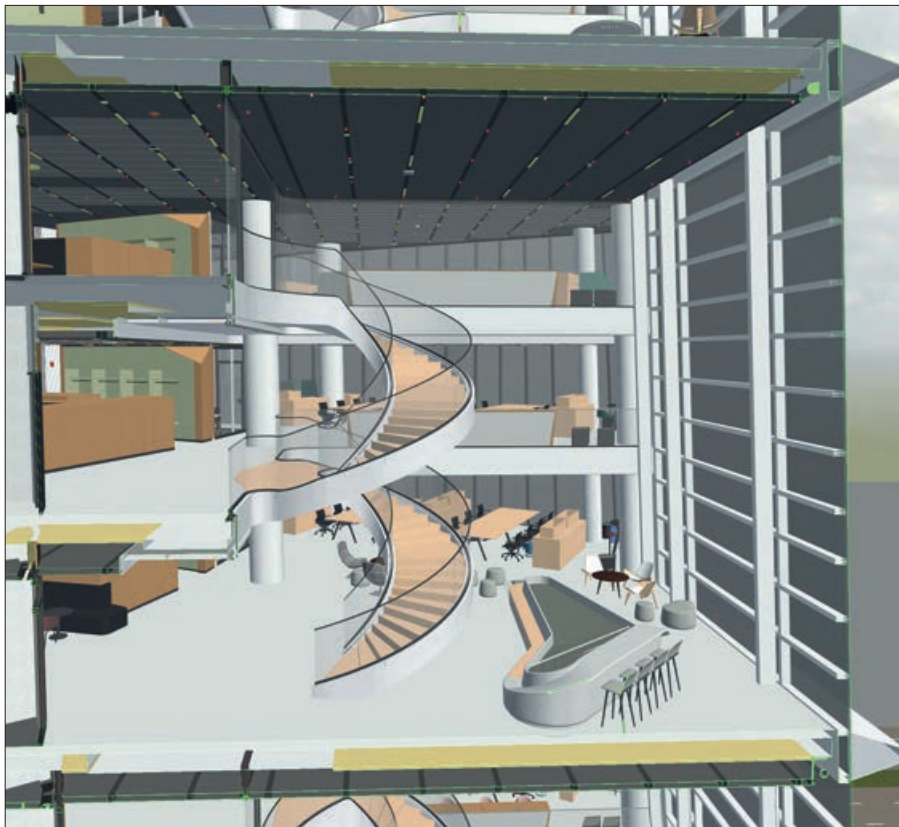
Látványterv: Finta és Társai Építész Stúdió

A nyaktag nagyvonalú szerkesztés-módja itt is visszaköszön. A klasszikus lépcsőszerkesztéssel ellentétben a lépcsőkar és a földém közötti kapcsolat sem jelentkezik törésként. A szemlélő számára egy többszintes organikus szobor megfestésesülése a Sky Garden tere.

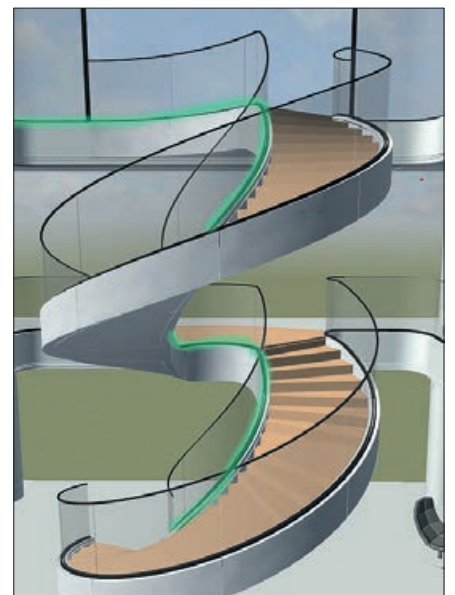
A tripleteket horizontálisan vizsgálva nincsenek törések vagy élek, ahol a geometriai váltásra lehetőségünk adódott. Jól példázza ezt, hogy a lépcsőkar burkolati elemei a földémek szélén egészen kifutnak a homlokzatig, vagy ahogy az üvegtorlát rögzítése örvénylik mindhárom szinten.

Mérnöki szemmel ez azt jelenti, hogy a vasbeton földémekhez, földémszélekhez kapcsolódó, köztes letámasztás nélküli lépcső acélszerkezete már önmagában is jelentős műszaki teljesítmény lenne, de a rögzítési csomópontok további fejlesztéseket igényeltek, ugyanis a földém-lépcsőkar csatlakozások lekerékítései miatt az acélszerkezetet is több ponton törni kellett.

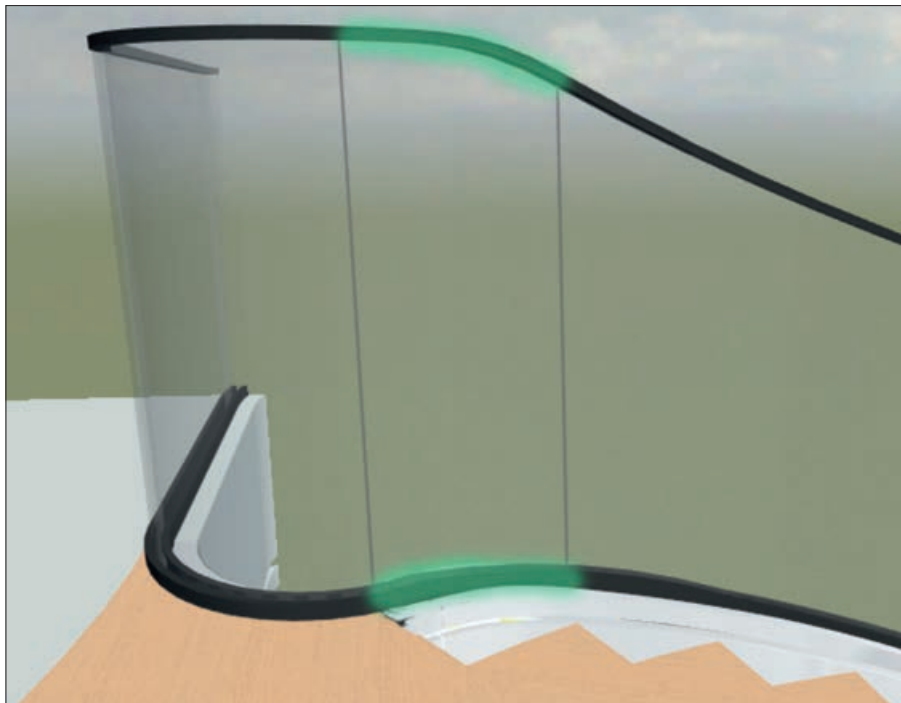
Azonos megjelenést biztosító csomópontok kialakítása volt szükséges a különböző szerkezeti szakaszokon, például ugyanannak a befogási magasságnak kellett megjelenni a betonföldémen álló, íves korlátnál, mint a spirálisan emelkedő, de már az acélszerkezet oldalához rögzített, vagy térbeli görbét leíró korlátoknál; a szintmagas üvegfalaknál. A szalagként tekeredő fémburkolat jótékony lepelként rejti el a változatos és összetett csomópontokat. Másfelől többletkényszert is jelentett a csatlakozóelemeknél. Így fordulhatott elő, hogy a



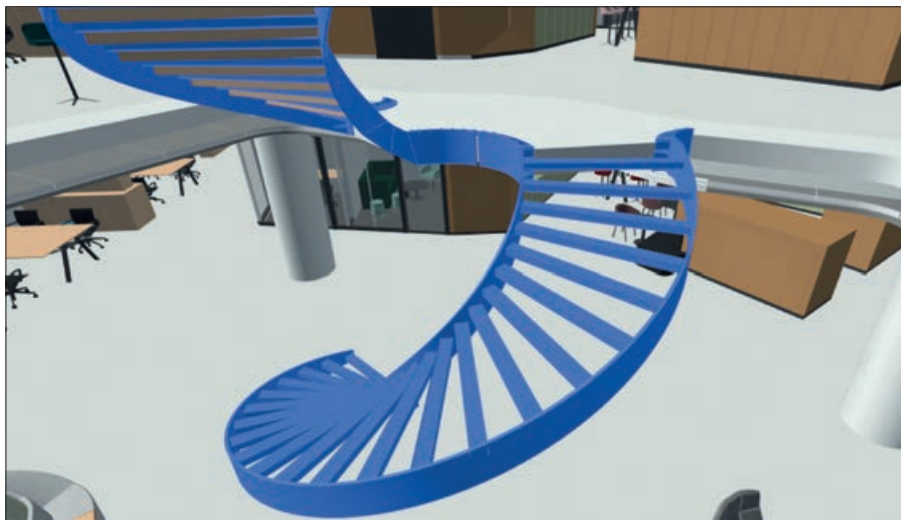
Látványterv: Finta és Társai Építész Stúdió



Látványterv: Finta és Társai Építész Stúdió



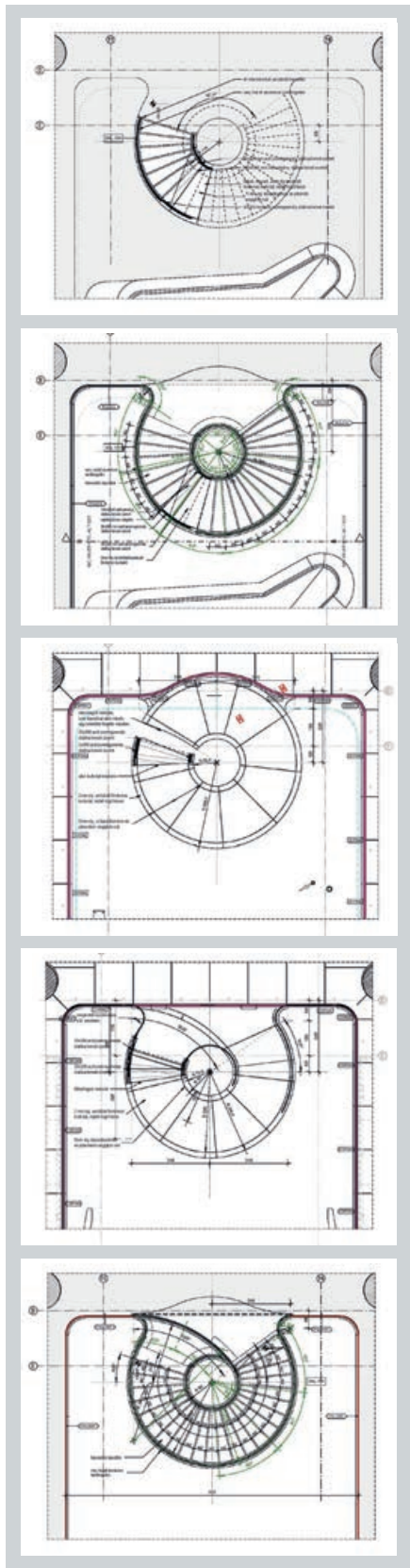
Látványterv: Finta és Társai Építész Stúdió



Látványterv: Finta és Társai Építész Stúdió



Látványterv: Finta és Társai Építész Stúdió



Részlettervek: Finta és Társai Építész Stúdió

homlokzat közelében lévő résbefúvó hatással lehetett a lépcső burkolatrögzítő rendszerére.

A kivitelezői és gyártói egyeztetések szerepe rendkívül hangsúlyossá vált. A gyárthatósági követelmények miatti változtatások a teljes lépcsőre kihatással voltak. A lépcső-födém kapcsolati ívek szükséges változtatása a lépcsők épület hossz tengelyében való elmozdítását vonta maga után. A felső lépcsőkar két különböző csatlakozási íve, mely egy sugárhoz tartozó érintőről indul, a lépcsőkarok tengelyes elforgatását tette szükségessé.

Az egész épületre jellemző összetett, organikus forma a hagyományostól eltérő kommunikációt is igényelt, nem csak a társtervezők felé, de a gyártók felé is. A síkba vetített nézetek, mint alaprajzok, metszetek csak adott térbeli pillanatban értelmezhetők. A modell alapú adatszolgáltatás elkerülhetetlen lett minden szereplő számára és jelentősen növelte a folyamatok hatékonyságát.

Az eredmény egy olyan, nemzetközi szinten is kiemelkedő épület lett, melynek részletei is világszínvonalúak. Mindez megfigyelhető abban a precizitásban, hogy a több gyártó által készített, eltérő, különböző pontosságú tűréssel gyártható anyagokból felépülő spirállépcsők csatlakozó nútjai teljesen összhangban vannak az üvegszerkezetekben, a sík és csavart felületű fémburkolatokban és a fa járófelületeken is. Külön érdekességként ezt egy, a lépcsőkön végigfutó világítással is hangsúlyoztuk.



Építés közbeni állapot

Fotó: Palkó György



Látványterv: Finta és Társai Építész Stúdió



Látványterv: Finta és Társai Építész Stúdió



Elkészült épület

Fotó: Palkó György



Elkészült épület

Fotó: Palkó György

A MOL Campus példáján tapasztalható, hogy az építészet egyre inkább ki kíván mozdulni a derékszögű koordináták által meghatározott síkok jelentette kényszerből, melyet már nem korlátoznak a modern gyártástechnológiák által biztosított lehetőségek, ugyanakkor rámutat arra is, hogy egy építőipari projekt minden szereplőjének szükséges a megfelelő technológiai, valamint informatikai felkészültség.

STÁBLISTA

Beruházó:

Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt.

Koncepcióterv:

Foster + Partners

Generáltervező:

Finta és Társai Építész Stúdió

Felelős építész tervező:

• Fekete Antal

Koordináló építészek:

• Mezei Gábor
• Walton Imre

Építész tervezők:

• Tóth Zoltán
• Lóczy Gergő
• Kulcsár Zoltán

Építész munkatársak:

• Aliakbari Sara
• Csáki Melinda
• Csiszár Katalin
• E. Honti Mariann
• Faezeh Soltani
• Gál Bence
• Heckenast Anna
• Heckenast Gábor
• Jenei Livia
• Kalmár Gyöngyi
• Keller-Márku Judit

• Koncsol András
• Pecze Anna

Épületgépészet:

Körös Consult Kft.

BMS:

Artrea Consulting Kft.

Talajszonda-rendszer:

Geoconcept Kft.

Belsőépítészet:

KINZO Architekten GmbH

Belsőépítész partner:

Minusplus Generáltervező Kft.

Generálkivitelező:

Market Építő Zrt.



MCE
part of the family
HABAU GROUP

MCE Nyíregyháza
hidak kivitelezője

www.mce-hg.com

A Német vasutak megrendelésére kivitelez az MCE egy különleges vasúti hídegyüttest. Az észak-németországi Friesenbrücke három, egymás után épülő híd két tagja már a helyére került, a bal oldali híd az egyike. A harmadik, forgatással nyitható híd szemben látható, a nyitó mechanizmus beállítását, beszabályozását végzik. A híd képen látható állása a hajóforgalmat engedi a folyón, 90 fokkal elfordulva a vasúti közlekedés haladhat rajta.

FŐMTERV



... mert az alkotás a tervezéssel kezdődik ...

- Tervezés BIM környezetben
- Közúti, vasúti alul- és felüljárók
- Gyalogoshidak, gyalogos-aluljárók, csarnokok
- Közúti, vasúti folyami hidak
- Föld alatti műtárgyak, szerkezetek
- Csarnokok, ipari létesítmények, magasépítési szerkezetek
- Műtárgyak felújításának optimalizálása, élettartam tervezés
- Támfalak, bélésfalak
- Hagyományos és különleges alapozások
- Hidak és műtárgyak szerkezeti vizsgálata

Úton a megvalósulás felé ...



www.fomterv.hu

ABRAZIV Kft.
www.abraziv.hu
info@abraziv.hu

- Szemcseszóró gépek
- Szemcseszóró anyag
- Szerviz - alkatrész



Kecskemét,
Paul Lechler u. 3.

(76) 815 900





Biztonságos hidrogén ellátás

Az ipari gázok szakértőjeként a Messer tökélyre fejlesztette a hidrogén biztonságos és megbízható gyártását, a kapcsolódó minőségbiztosítással, töltési technológiával és logisztikával, valamint a helyszíni gázellátási megoldással együtt. Az igényeknek megfelelő ellátási koncepciókat kínálunk a palackoktól kezdve a kötegeken és trélereken át egészen a telepített tartályokig.

A HyCut előnyei dióhéjban:

- Fenntartható, környezetbarát alternatívája a bevett égőgázoknak
- Nagyobb munkahelyi egészségvédelem és biztonság
- Rendkívül nagy vágási teljesítményt tesz lehetővé
- Költséghatékony a hagyományos égőgázokhoz képest
- A környezetvédelmi és fenntarthatósági kezdeményezések keretében támogatásokra jogosult technológia
- Nincs CO₂-vel kapcsolatos kibocsátás

HYCUT

For HighPerformers

JUNGFER GYULA

A MAGYAR DÍSZMŰKOVÁCS SZAKMA KIEMELKEDŐ EGYÉNISÉGE

II. RÉSZ

Az „Acélszerkezetek” előző számában Jungfer Gyula díszműkovács munkásságát mutattam be lapunk olvasóinak. A cégalapító halálát követően három fia: Ferenc, József és Gyula folytatta édesapjuk művészi munkáját. Az alábbiakban a Jungfer cég 1909–1949 közötti 40 év fontosabb munkáiból ismertetek tizenkét, ma is látható hazai és két Magyarországon kívüli mesteri alkotást. Az írás fotóit – a 23., 24. és a 25. kép kivételével – a szerző készítette 2024 végén, 2025 elején.

A Jungfer örökösök édesapjuk hagyományait követve vezették a Jungfer Gyula Iparművészeti Fémárugyárt, ugyanakkor észlelték a szakmában megjelenő új irányzatokat, trendeket.

Tapasztalniuk kellett a vasművészet terén erősödő konkurenciát és a bronzműves termékek iránti fokozódó keresletet. A kihívásra reagálva felgyorsították a már folyamatban lévő Kerepesi út 26. sz. alatti bronzöntödéjük építését. Ezzel egyidejűleg a testvérek között kialakult munkamegosztás szerint, az idősebb fivér, Ferenc (1869–1946) a Berzsenyi utcai törzsgyár vezetője lett, míg öccse, József (1880–1934), az épülő bronzöntöde irányítását vállalta. József magas szintű bronzművészeti tanulmányokat folytatott Nyugat-Európa neves öntödéiben. Bécsben, Berlinben, Münchenben, Párizsban és Londonban szerzett tapasztalatokat.

Jungfer József és Ferenc halálát követően ifjabb Jungfer Gyula az 1949. évi államosításáig vezette a céget, amelyet a Fém munkás Vállalatba olvasztottak be.

Az egykori Jungfer bronzöntöde jelenleg is álló, Kerepesi úti épületét a kor ismert építésze, Kallina Géza (1883–1942) tervezte. A népies szecesszió stílusában épült házban bemutatótermet és lakást is kialakítottak. Ma már semmi nem utal a ház egykori funkciójára, üzletek nyíltak benne.

Perehály Károly (1921–2000), a Jungfer család fémműves munkásságát kutató művészettörténész a Jungfer fivérek 38 projektjét azonosította.

Wellisch-palota

Wellisch Alfréd (1854–1941) építész pályafutása során mintegy 250 bérházat tervezett Budapest belvárosában. Jellegzetes eklektikus, később szecessziós épületeivel – középületek, bérházak, villák – komoly mértékben hozzájárult Budapest mai városképehez.



1. kép: Az egykori Jungfer bronzöntöde épülete



2. kép: A Wellisch-palota Széchenyi rakpart 12. kapuja



4. kép: A Wellisch-palota Kossuth Lajos tér 4. kapuja



3. kép: A Wellisch-palota Zoltán utca 2-4. kapuja



5. kép: Az OTP Bank kapuja

A tervező, a Kossuth Lajos tér 4. sz. alatt álló reprezentatív Duna-parti épülettömb főbejárati, továbbá Széchenyi rakpart 12. számú és Zoltán utca 2–4. felőli kapuit a Jungfer cégtől rendelte meg 1910-ben. A cégalapító halálát követően ez volt a fiai által vezetett vállalkozás egyik első megbízása. Az egykori lakóházban ma a Miniszterelnökség irodái vannak.

Agrárbank/OTP Bank székház

A Körössy Albert Kálmán (1869–1955) és Kiss Géza (1878–1944) tervei alapján, a Nádor utca 16. sz. alatt épült impozáns bankszékház a Magyar Agrár és Járulékbank központja volt, földszintjén, illetve első és második emeletén egykor irodákat alakítottak ki. A harmadik és negyedik szinten a pénzügyet vezetői számára exkluzív lakásokat rendeztek be. A bankpalota kapuja a Jungfer fivérek üzeméből került ki 1912-ben. Az épület 1951-ben az Országos Takarékpénztár, később az OTP Bank központja lett. A kapu jobb oldali szárnyának alján tábla állít emléket készítőjének.

Hatvany-palota

A budai várnegyed – Táncsics Mihály utca 7. – egyemeletes palotájának története 1750-re nyúlik vissza, tervezőjének neve ismert: Nepauer Máté (1719–1792). A Bécsben született építőmester nevéhez fűződik több budapesti templom és a régi budai városháza nyugati szárnyának tervezése, építése. A házat 1912-ben Hat-

vany József cukorgyáros vette meg. Az új tulajdonos komoly átalakításokat hajtott végre. Napjainkban az MTA Zenetudományi Intézete, a Zene-történeti Múzeum, a Bartók Archívum és a Dohnányi Ernő Archívum működik falai között. A földszinti ablakok díszes neobarokk rácsait, bejárati és belső udvari kapuit 1913-ban gyártották.



7. kép: A Hatvany-palota bejárati kapujának lunettarácsa



6. kép: A Hatvany-palota díszes ablakrácsa



8. kép: A Hatvany-palota belső udvarának kapuja

Jungfer-villa

A Jungfer család, Budapest II. Hűvösvölgyi út 79. szám alatti házuk terveinek elkészítésével a Kerepesi úti bronzöntődjüket is tervező Kallina Géza építész bízta meg. A ma is álló, egyemeletes villa kapuját és kovacsoltvas díszítéseit saját maguknak készítették 1914-ben. A ház homlokzatán lévő – bronzból öntött Madonna gyermekével – dísz az utcáról is jól látható. Az ingatlan kapuját vélhetően az évek során kicserélték.

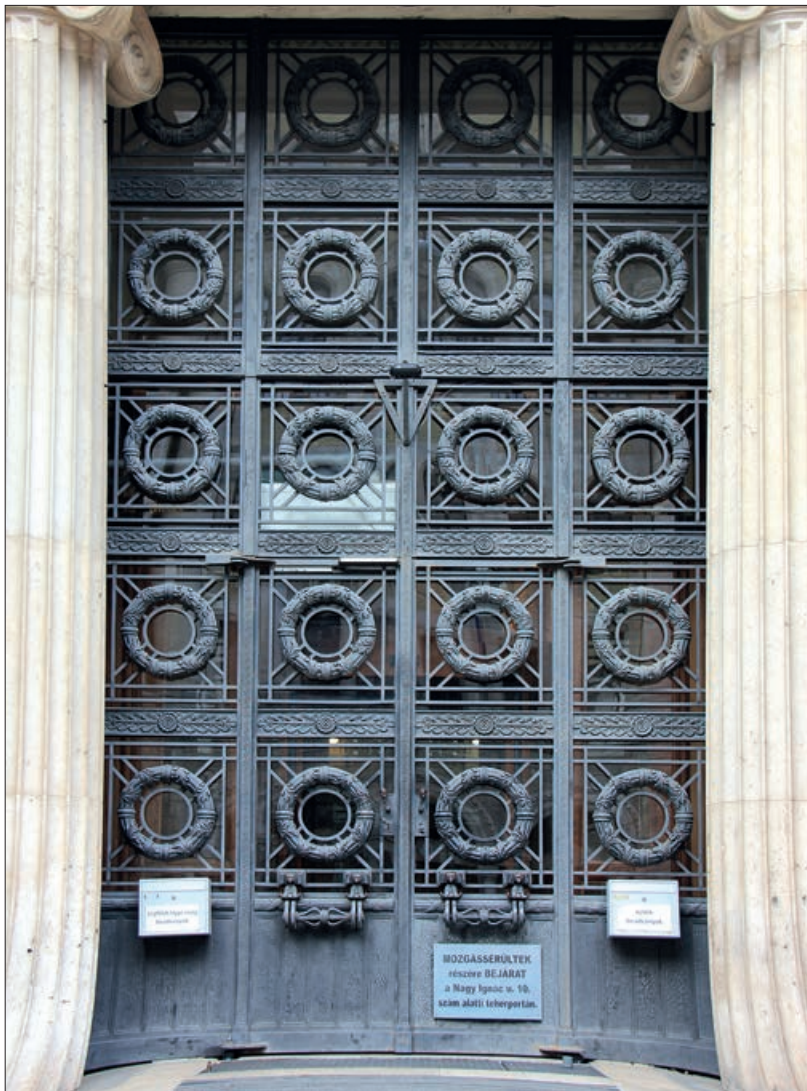


9. kép: A villa homlokdísz

Igazságügyi Palota

A tekintélyt sugárzó, hatalmas, Markó utca 16. sz. alatti – Szemere, Stollár Béla, Nagy Ignác utcák által határolt – épülettömböt 1918-ban adták át rendeltetésének. Létesítéséről 1911-ben született döntés, tervezésével Fellner Sándort (1857–1945) bízta meg. Az építésznek számtalan ikonikus háza ma is látható, ilyen az egykori Pénzügyminisztérium napjainkban újjáépített épülete a Budai Várnegyedben és a Gerbeaud-ház a Vörösmarty téren. Az építkezést 1913-ban kezdték meg, a munkálatokat felügyelő bizottságban Hauszmann Alajos is részt vett.

A Markó utcai palotában 1945-ig az Igazságügyi Minisztérium működött, később az Ipari Minisztérium költözött az épületbe, majd 1980-tól ismét az igazságügyi szervek székhelye lett, napjainkban a Kúria irodáinak ad otthont. Az épület monumentális bronz kapuját a Kerepesi úti üzemből öntötték.



10. kép: Az Igazságügyi Palota kapuja

Lakóház,

Budapest V., Régi posta utca 19.

A pesti belváros üzleti negyedének központjában álló 5 szintes épület történetéről nem állnak rendelkezésre információk. Perekó Károly adatgyűjtéséből ismert, hogy a ház pazar kapuja 1920 körül készült.

Az egykori Brit Nagykövetség épülete

A Hazai Bank Harmincad utcai székházaként épült, 4 emeletes sarokház, tervezője Rainer Károly (1875–1951) volt. Az építkezés 1914-ben fejeződött be. A klasszicizáló épületbe, a bank II. világháború utáni államosítását követően, a Brit Nagykövetség rendezkedett be. Napjainkban az épület üresen áll, miután a külképviselet 2016-ban egy, a Rózsadomb déli lejtőjén lévő villába tette át székhelyét. Az egykori reprezentatív épület kapuját és kovacsoltvas díszit a fivérek készítették.



11. kép: A lakóház díszes kapuja



12. kép: A Harmincad utca 6. kapuja



13. kép: A Budapest I. Hunfalvy utca 6/B. alatti villaépület kapurészlete



14. kép: A MÁK lépcsőházi korlát részlete

Villaépület, Budapest I. Hunfalvy utca 6/B.

A budai Várhegy északkeleti lejtőjének hangulatos utcájában épült egyemeletes villa hatalmas kovácsoltvas kapuja 1920-ban készült. Az ingatlan egykori tulajdonosának neve ismert: Lasemowicz Brúnó, a Földművelésügyi Minisztérium tanácsosa.

Magyar Általános Köszénbányák Nyugdíj Intézetének (MÁK) bérháza

A Fővárosi Közmunkák Tanácsa az 1920-as évek közepén meghívásos tervpályázatot írt ki a főváros legfrekvenciáltabb terének, a Kossuth Lajos tér északi szektorának lezárására. A pályázat nyertese Málnai Béla (1878–1941) volt. Az építész számtalan lakóháza ma is látható a fővárosban. A monumentális épület főhomlokzata három részre tagolt, oszlopokkal és szobrokkal díszített olasz barokkot idéző. A reprezentatív Kossuth Lajos tér 13–15. ház előcsarnokának kapuja, csillárja és lépcsőházi korlátai a fiverek műhelyéből valók.



15. kép: A MÁK bérház hatalmas kapui az előcsarnok felől



16. kép: A MÁK bérház előcsarnokának díszes csillárja

Georgia bérház

A Károly körút és a Rákóczi út sarkán álló, a pesti városképet meghatározó Georgia/Astoria ház, két ütemben épült. Először, a Novák Ede (1888–1951) és Baráth Béla (1888–1945) tervei alapján a Rákóczi út felőli szárny került átadásra 1935-ben. Az épület különlegessége, a tetőszinten ma is látható hatalmas mechanikus óra. A ház, Károly körúti frontjának és a két épületrészt összekötő íves épületrész tervezésére Hüttl Dezsőt (1870–1945), a Műegyetem tanárát kérték fel. Az egységes épület Károly körúti és Rákóczi úti homlokzatának két hatalmas, vörösrézlemezről domborított szobor díseit és az erkélyek egyszerű korlátait ugyancsak a műkovács műhelyben gyártották.

Az épület olyannyira hozzátartozik a főváros látványához, hogy a Rákóczi út páratlan oldalán, az egykori Nemzeti Színház helyén 1991-ben átadott modern East-West Business Center irodaház tömbje a Georgia ház vonalát követi.

További két budapesti lakóház díszes kapuja

Cikkem befejezéseként két ma is álló budapesti bérház nivós kovácsoltvas kapuját mutatom be olvasóimnak:

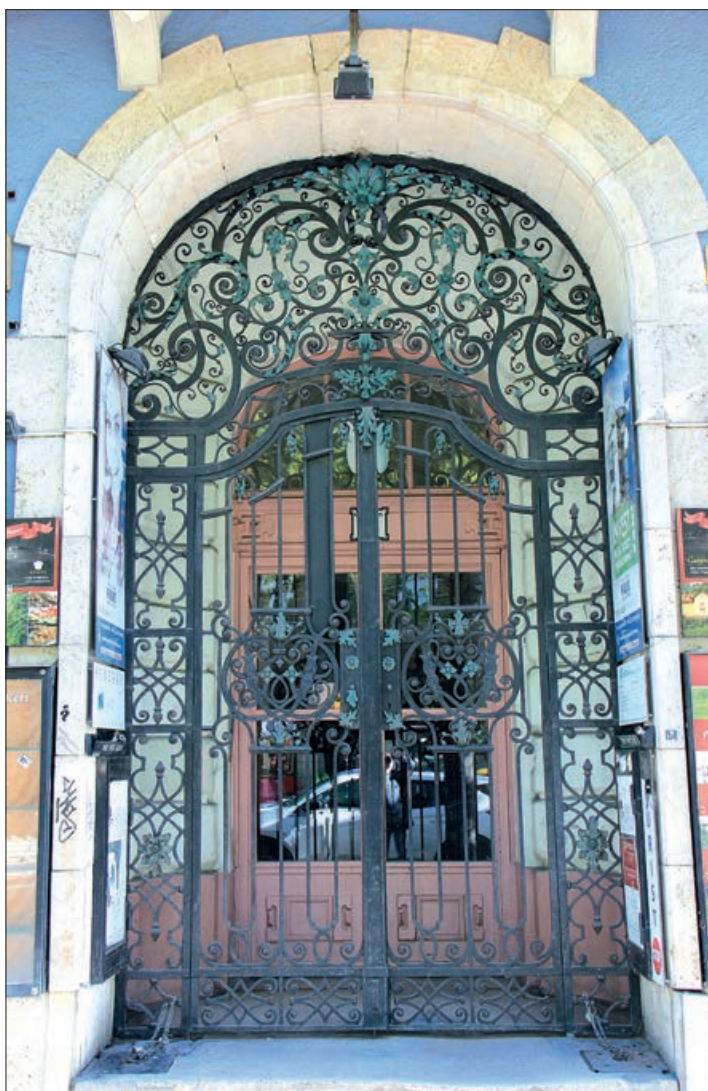
– A Nagykörút és a Rákóczi út kereszteződésétől, a Blaha Lujza tértől mindössze 150 méterre álló Erzsébet krt. 15. számú háromemeletes lakóházat Láng Adolf (1948–1913) és társa, Steinhardt Antal (1856–1928) műépítészek tervezték 1890-ben.



17. kép: Szobordísz a ház Rákóczi úti frontján – Georgia bérház



18. kép: Szobordísz a ház Károly körúti frontján – Georgia bérház



19. kép: Erzsébet krt. 15.

A ház díszes kovácsoltvas kapuját, erkélykorlátait 1930-ban a Jungfer fivérek készítették, az utóbbiakat sajnos az 50-es években „modernre” cseréltek.

- A főváros XII. kerületében, a Városmajor utca és a Csaba utca sarkánál álló – felújításra szoruló – 32 számú, háromemeletes lakóházat 1930-ban építették. Tervezőjének neve ismert, Hikschr Rezső (1876–1934), műegyetemi tanár, legismertebb épülete az Astoria szálló. Az épület kétszárnyú, kovácsoltvas bejárati kapuját és lépcsőházi korlátját a Berzsényi utcában készítették. A kapu jobb oldali szárnyának alján kisméretű tábla örökíti meg gyártójának nevét.

A Budapesten látható veretes kovácsoltvas és bronzkapuk, díszítések mellett, Pereházy Károly adatgyűjtéséből a műkovács üzem két Budapesten kívüli munkája ismert.

Elsőként az 1909–1910 között épült **Arad-Csanádi Gazdasági Takarékpénztár** mívés kapuját említjük. A ház tervezője Hubert Róbert (1846–1916) volt. Az építész több fővárosi lakóházat tervezett. Az 1909–1910 között épült eklektikus stílusú aradi banképületben napjainkban is bank működik.



21. kép: Korlát részlet



22. kép: A megkopott Jungfer cégtábla



20. kép: Városmajor utca 32.

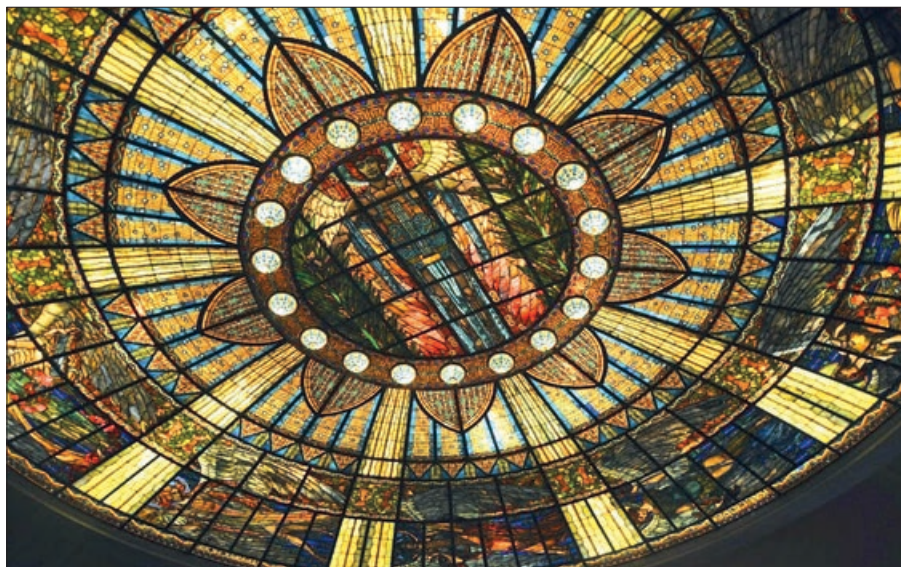


23. kép: Az Arad-Csanádi Gazdasági Takarékpénztár épülete. Forrás: Wikipedia



24. kép: Mexikóváros Operaháza, Nemzeti Színháza. Forrás: Wikipedia

Második munkájuk helyszíne a Budapesttől mintegy 10 ezer kilométer távolságra fekvő **Mexico City**, épülő **Operaháza, Nemzeti Színháza (Szépművészeti palota)**. A nagy presztízsértékű projektbe Maróti Géza (1875–1941) építész, szobrász és festő vonta be a Fivéreket, akik a feladatot a Steiner A. és Fia céggel közösen teljesítették. (Ez utóbbi cégről nem sikerült további információkat fellelni.) A két cég a Maróti Géza által tervezett, rézből domborított szoborcsoportot formálta meg. A monumentális alkotás kétszeres életnagyságú. A színház kupolájára került szobrok nőalakokat, madarakat, kígyókat ábrázolnak. A cégek közötti munkamegosztásra vonatkozó adatok ugyancsak nem találhatók.



25. kép: A nézőtér feletti kupola. Forrás: Wikipedia

A Szépművészeti Palota további magyar vonatkozása a nézőtér feletti kupolát díszítő hatalmas, 180 m²-es, valamint a színpadnyílás körüli ólomüveg, amelyek Maróti Géza tervei alapján Róth Miksa (1865–1941), Budapest VII., Nefelejcs utca 26. szám alatti – ma is látható, látogatható – műhelyében készültek.

A színház építését 1908-ban megkezdték, majd leállították, és csak 1932-ben folytatták a kivitelezést, az ünnepélyes megnyitót 1939-ben rendezték. A bemutatott kapuk és egyéb épületedíszek egyértelműen bizonyítják, hogy a Jungfer fivérek híven követték édesapjuk művészi hagyomá-

nyait, ugyanakkor alkalmazkodtak a bronzöntvények iránti kereslet növekedéséhez. Prosperáló cégük – a Jungfer Gyula Iparművészeti Fémárugyár – az 1949. évi államosításáig működött, ekkor a Fémmunkás Vállalathoz, mint annak Ferencvárosi Gyára csatolták.

NORD-LOCK® ÉKZÁRAS ALÁTÉTEK ACÉLSZERKEZETEKHEZ

MEGFELELŐ ÉS JÓVÁHAGYOTT

Egyedül a Nord-Lock ékzárás alátétek rendelkeznek épületgépészeti engedéllyel az acélszerkezeteknél használt valamennyi csavarkötéshez. Függetlenül attól, hogy előfeszített vagy előfeszítés nélküli, HV-, HR- vagy SB-csavaras szerelvényről, átmenő vagy zsákfuratról, esetleg anyával ellátott menetes rúdról van szó.



MIÉRT ÉS MIKOR?

Ha a csavarkötésen belül relatív elmozdulás lép fel, a csavar a menetemelkedés következtében automatikusan kilazulhat. Ez az alkatrészek szétesését, vagy csavartörést okozhat.

Az ok elsősorban ütés vagy dinamikus terhelés, illetve rezgés lehet, de az eltérő hőmérsékletek is kiválthatják.

A Nord-Lock ékzárás alátétek könnyen ellenállnak ezeknek a terheléseknek, megbízhatóan és hosszú távon biztosítják a csavarkötéseket.

NORD-LOCK
GROUP

Nord-Lock s.r.o.
Tel: +420 412 150 157
office.czech@nord-lock.com
www.nord-lock.com

ALKALMAZÁSOK



Zajvédő falak



Homlokzatok



Nehéz acélszerkezetek



Szállítószalag technológia



Hidak



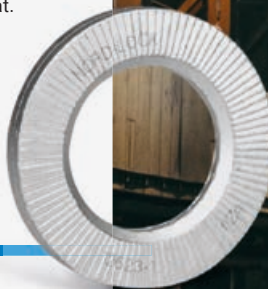
Daruk és daruszerkezetek



Szeizmikus zónák

LIFETIME WARRANTY

NORD-LOCK GROUP



© Copyright 2024 Nord-Lock Group.



HEGESZTÉSI FÜSTELSZÍVÁS A CLOOS MAGYARORSZÁG PORTÓFLIÓJÁBAN!

Miért fontos a megfelelő füstelszívás?

A hegesztési füst számos egészségügyi és munkabiztonsági kockázatot rejt magában. A keletkező gázok és részecskék hosszú távon légzőszervi megbetegedéseket, allergiát vagy akár súlyosabb egészségkárosodást is okozhatnak. Emellett a műhely levegőminősége közvetlen hatással van a munkavégzés hatékonyságára és a dolgozók komfortérzetére.

Jogszabályi előírások és munkahelyi elvárások

A munkavédelmi szabályozások egyre szigorúbb követelményeket írnak elő a légszennyezés csökkentése érdekében. A hatályos EU-s és hazai előírások szerint minden munkáltatónak biztosítania kell az egészséges munkakörnyezetet, amelyhez hozzátartozik a megfelelő elszívórendszerek alkalmazása is.

Vállalatunk a világ piacvezetői márkáival működik együtt, hogy Önök a lehető legjobb megoldást kapják, az elérhető legmegfelelőbb ár-érték arányban!

CLOOS

sales@cloos.hu
+36-28-200-293





HIDÁSZOKÉRT
EGYESÜLET

HIDÁSZ NAPOK 2025

2025. június 3–5.

Siófok, Azúr Hotel

A Hidászokért Egyesület idén is megrendezi szakmánk háromnapos szakmai konferenciáját Siófokon! Időpont a naptárba máris bejegyezhető!

Tekintettel arra, hogy régen találkoztunk, mindenkinek sok mesélnivalója van, és az előadási keretek korlátozottak, arra biztatom a résztvevő cégeket, hogy használják ki a szálloda előcsarnokában felállított kiállítói területet tevékenységük, szakmai sikereik ismertetésére.

Várjuk az előadók előjelentkezését név és előadás cím-téma megjelöléssel a konferencia@hidaszokertegyesulet.hu email címre.

Jelentkezés: hidasznapok.hu



KOMPLEX HEGESZTÉSTECHNIKAI MEGOLDÁSOK EGY KÉZBŐL

A CROWN International Kft. közel 30 éve kínál komplex hegesztéstechnikai megoldásokat, legyen szó kézi védőgázos ív- és lézerhegesztő berendezésekről, kollaboratív robotokról, automatizált CLOOS hegesztő-robot-rendszerekről vagy hatékony füstelszívási és olajköd-leválasztó technológiákról. Célunk, hogy partnereink számára innovatív és megbízható megoldásokat nyújtsunk, amelyek segítik a termelés hatékonyságának növelését és a kiváló minőségű hegesztési eredmények elérését.

A CLOOS termékek magyarországi forgalmazóiként a legmodernebb hegesztéstechnológiai megoldásokat tudjuk biztosítani az ügyfeleink számára. A Carl Cloos Schweisstechnik GmbH, a hegesztéstechnika egyik úttörője, több mint 100 éve fejleszt innovatív hegesztési és robotikai megoldásokat:

A modern CLOOS QINEO hegesztő-áramforrások a hegesztési eljárásváltozatok széles skálájával állnak rendelkezésre. A moduláris koncepciónak köszönhetően a felhasználók egyedi feladataira alakíthatók, igazodva a gyártási feltételekhez és célkitűzésekhez. A CLOOS korábbi QINEO Pulse és QinTron modellei továbbfejlesztett utódaként jelenleg három új hegesztőáramforrás-típust kínál:



1. kép: CLOOS QINEO hegesztő-áramforrás

A QINEO StarT MIG/MAG hegesztő-áramforrás optimális ár-teljesítmény arány mellett kínál könnyű belépést a modern hegesztéstechnológia világába. A QINEO Next hegesztőgép kiváló ívkarakterisztikával éri el a legjobb hegesztési minőséget. Az új QINEO Quest kiegészíti a termékportfóliót, mint a csúcsmínőségű AWI/TIG-alkalmazások új mércéje (1. kép).



2. kép: CLOOS QIROX komplex robotrendszer



3. kép: CLOOS QINEO ArcBoT kollaboratív hegesztőrobot

A **QIROX robotokkal**, pozicionálókkal, készülékekkel, szoftverekkel, saját hegesztéstechnikával a CLOOS egyedi igényekre szabott automatizált hegesztőrendszereket fejleszt és gyárt, lefedve az automatizált ívhegesztési technológia teljes spektrumát, valamint megoldást kínál bármilyen automatizált rakodási, csiszolási, vágási stb. feladatra, egészen a teljesen automata gyártósorokig. A CLOOS különleges erőssége a széles körű szakértelemben rejlik: a QIROX rendszer a robottechnológiát, szoftvert, szenzorokat, biztonsági rendszereket, manipulátorokat, valamint a hegesztés- és vágástechnológiát is egyesíti magában, mely pótkatrész-ellátással és egyéni, testre szabott, szakmailag magas szintű szolgáltatásokkal egészül ki. A QIROX rendszer moduláris kialakításának köszönhetően lehetőséget biztosít a termelési igényekhez illeszkedő, egyedi konfigurálásra (2. kép).

A **CLOOS QINEO ArcBoT kobot hegesztőrendszer** az első lépés az automatizált hegesztés világába. Gazdaságos gyártást biztosít akár már egy munkadarabtól kezdve egészen a sorozatgyártásig, mindemellett állandó és reprodukálható magas minőséget nyújt. Kis helyigénnyel rendelkezik, könnyen mozgatható, áthelyezhető, akár mennyezetre is szerelhető. A QINEO ArcBoT hegesztőrendszerek csúcstechnológiás QINEO StarT vagy QINEO NexT MIG/MAG



4. kép: Dobot CR10A kollaboratív robot

hegesztő-áramforrással felszereltek, melyekkel tökéletesen összehangoltan dolgoznak (3. kép).

A kollaboratív robotok területén a **DOBOT CRA** sorozat is elérhető kínálatunkban, amely többféle ipari alkalmazásra integrálható. A DOBOT robotok kompatibilisek a CLOOS QINEO hegesztőgépekkel, a DXTECH lézeres hegesztő- és tisztítórendszerekkel, valamint a SOYER csaphegesztő berendezésekkel. Ezek a rugalmas, könnyen programozható megoldások hatékony támogatást nyújtanak a termelés optimalizálásában (4. kép).

Továbbá széles körű füstelszívási megoldásokat kínálunk, amelyek hatékonyan gondoskodnak a tiszta és biztonságos munkakörnyezetről: a Nederman és a KEMPER füstelszívási berendezései hatékonyan szűrik a káros anyagokat, csökkentve a levegő szennyezettségét a munkaterületen. A Nederman speciális olajkód-leválasztó rendszerei pedig hatékonyan távolítják el az olajködöt, mérsékelve a munkahelyi kockázatokat és a tűzveszélyt.

Mindezekon felül értékes szakmai szolgáltatásaink: termelés-támogatások, oktatások, robotprogramozás, szaktanácsadás, karbantartás, vizsgálatok, javítások, alkatrész-ellátás széles palettájával célozzuk meg ügyfeleink legnagyobb elégedettségét.

Tekintsék meg holnapunkon forgalmazott termékeinket,
kérjenek részletes tájékoztatást kollégáinktól:

www.cloos.hu

TARTÁLY-, SILÓ- ÉS ÜZEMI LÉPCSŐK



Az acélból készült feljárók régóta kiváló kiegészítői a közösségi épületek mellett a mezőgazdasági és ipari létesítményeknek is.

Amíg azonban menekülőlépcsők esetén a szélsőségesen nagy terhelésnek való megfelelés a fő cél a tervezés során, addig a csarnokok és raktárak tekintetében a munkavégzés könnyítése, egyszerűbbé tétele a lépcsők elsődleges feladata.

A közlekedési utak biztosítása a többszintű vagy rendkívül magas építményeknél – mint amilyen például egy siló vagy tartály – nem csupán funkcionális feladat, hanem a munkavégzéshez szükséges követelmény és törvényi előírás is.





Ha kültéri acélszerkezetről van szó, akkor két tényező bizonyosan javítja a biztonságos használatot.

Egyrészt a **járórácsból készült járófelület** nagymértékben időjárásálló. Átesik rajta a csapadék, így nem keletkeznek vízfolyások. Másrészt pedig a **csúszásmentes** bordázás garantálja az akadálymentes és magabiztos, gyors haladást.

A gyártó- és/vagy feldolgozóüzemekben létesített **feljárók** hatása közvetlenül befolyásolja az ott zajló munkavégzést. A karbantartási – leállási – idő jelentősen lerövidül, ha az operatív helyiségek gyorsan és **könnyen megközelíthetőek**.

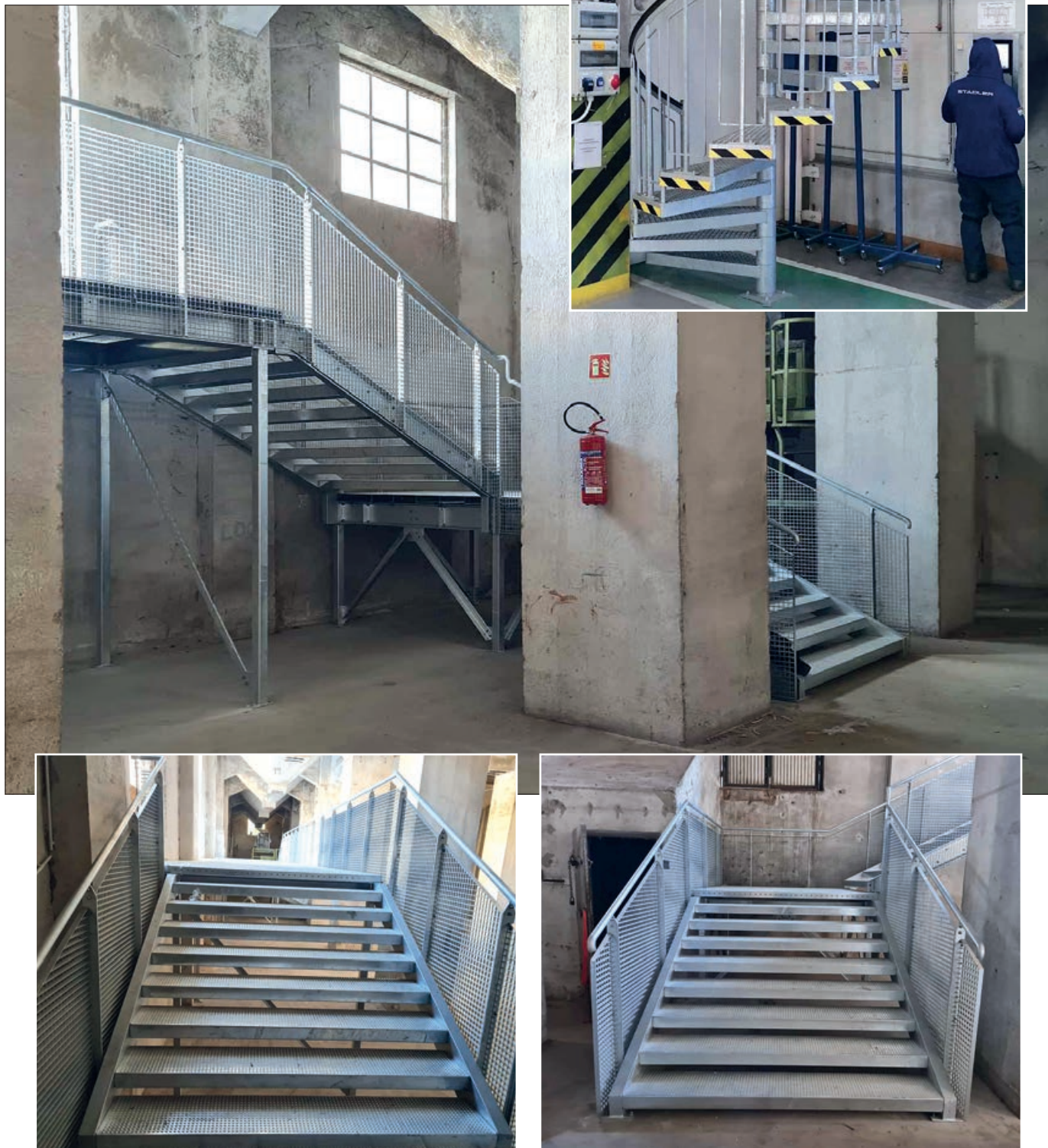
Ezt biztosítják beltéri karbantartólépcsőink, amelyeken a korlátok leggyakrabban **kézléc alatti, párhuzamosan futó** övekkel készülnek.



De az épület szintjei közötti használat során egyértelműen növeli a közlekedő **biztonságérzetét** a sűrűbben, illetve függőlegesen pálcázott mellvéd.

A tervezési munkát a feljárók **rendeltetésének meghatározásával kezdjük**. Az ipari kialakítás ellenére a gyártmányokat statikailag igazoltan alkotjuk meg. A szerkezetünk állékonyságáért pedig felelősséget is vállalunk, valamint hosszú távú **garanciát biztosítunk**.

Mivel minden ilyen lépcső egy meghatározó épületrész is, ezért a létesítést körültekintően, partnereinkkel **együttműködésben** szervezzük meg.





További kérdések, műszaki egyeztetés, illetve ajánlatkérés esetén kérjük, keressen bennünket bizalommal.

www.ferroste.hu **ur.norbert@ferroste.hu**
Tel.: +36 25 511 033, +36 20 53 46 546



Géper

Gépek és Rendszerek
Szolgáltató Kft.

H-6000 Kecskemét,
Irinyi u. 29.

messer.geper@t-online.hu

www.geper.hu

Messer
Cutting
Systems
Magyarországi
Képviselője



Termikus vágógépek
Lézer- – Plazma- – Lángvágó
Forgalmazás – Vevőszolgálat – Szerviz

ZSENIÁLISAN EGYSZERŰ BRUTÁLISAN HATÉKONY

X3S FASTMIG

 **KEMPPi**



 **Corweld+**

Hivatalos magyarországi képviselő
2049 Diósd, Balatoni út 21/e

www.corweldplus.hu



HEGESZTŐROBOTOK

Szakmai gyárlátogatásra jelentkezés:

Email: gyoer@igm-group.com

T: +36 96 511 980

igm Robotersysteme AG
2355 Wiener Neudorf, Österreich
www.igm.at

igm Robotrendszerek Kft
9027 Győr, Magyarország
www.igm-group.com/hu

igm



Acélszerkezetek tűzvédelme

Acél tartószerkezetek optimális tűzvédelmi megoldásához rétegvastagság és kritikus hőmérséklet számításban is műszaki segítséget adunk

HŐRE HABOSODÓ TŰZVÉDELMI FESTÉKEK

Vizesbázisú festékek

- Polylock W R15 – R60 ETA-15/0801
- FX5090 R15 – R180 ETA-15/0486
- FirefilmA6 R15 – R90 ETA - 20/1200

Oldószeres festékek

- Polylock A R15 – R60 ETA-17/0735
- FX2007 R15 – R60 ETA-22/0352

TŰZVÉDELMI LAPBURKOLAT

- Tecbor R15 – R240 ETA-18/1017

TŰZVÉDELMI HABARCSOK

- Polyplast G gipszkötésű habarcs R15 – R240
- TECWOOL F ásványgyapot és cement alapú habarcs R15 – R240
- TECWOOL 825 ásványgyapot és cement alapú habarcs R15 – R240
- Perlifoc HP gipszkötésű habarcs R15 – R240



GUIDE



☎ 0630-919-0541

✉ godcenter@dunamenti.hu

📍 2131 Göd, Nemeskéri Kiss Miklós út 39.

🌐 www.dunamenti.hu

📺 www.youtube.com/@MercorDunamenti

MEGRENDELŐLAP

Előfizetésben megrendelem a MAGÉSZ Acélszerkezetek című folyóiratot példányban.

Előfizetési díj: 1 évre 10 000 Ft+áfa és postaköltség.

Megrendelő:

Számlázási cím:

Postacím:

Telefon/fax/e-mail:

Kelt:

P.H.

aláírás

A megrendelőlapot

MAGÉSZ 1025 Budapest, Boróka utca 10. I. em. 3.

E-mail: magesz@t-online.hu címre kérjük.

H I R D E T É S

1 oldal (A/4) színes:

MAGÉSZ tagoknak 100 000 Ft+áfa

külső cégeknek 140 000 Ft+áfa

Nagy József

Telefon:

06 20 468-4680

Telefon/fax:

06 25 581-623

E-mail:

jnagy62@freemail.hu

1/2 oldal (A/5) színes:

MAGÉSZ tagoknak 50 000 Ft+áfa

külső cégeknek 70 000 Ft+áfa

Azon partnereink részére,
akik minden számban hirdetnek (4 db/év),
10% kedvezményt adunk.



MAGÉSZ[®]

ACÉLSZERKEZETEK

Magyar Acélszerkezeti Szövetség lapja – Journal of the Hungarian Steel Structure Association

www.magesz.hu

Kiadja a Magyar Acélszerkezeti Szövetség, 1025 Budapest, Boróka u. 10. I/3.

Mobil: +36 30-1378332, E-mail: magesz@t-online.hu

Felelős kiadó: a MAGÉSZ elnöke

Felelős szerkesztő: Aszmann Ferenc

A szerkesztő munkatársa: Nagy József

Kérjük szerzőinket, hirdetőinket, hogy a fényképeket, ábrákat ne Word-be ágyazva küldjék. Ajánlott formátum fotóknál: eredeti jpg, tif; ábráknál: eps, pdf. A képek jó minőségét csak így lehet biztosítani.

ISSN: 1785-4822

A tördelést és a nyomdai munkákat a TEXT Nyomdaipari Kft. készítette.
2400 Dunaújváros, Papírgyári út 49., 2401 Pf. 262

Telefon: 25/283-019, E-mail: studio@textnyomda.hu; andrea@textnyomda.com

Ha a
tartósság a cél.

Wagner magasnyomású pumpák és szórópisztolyok

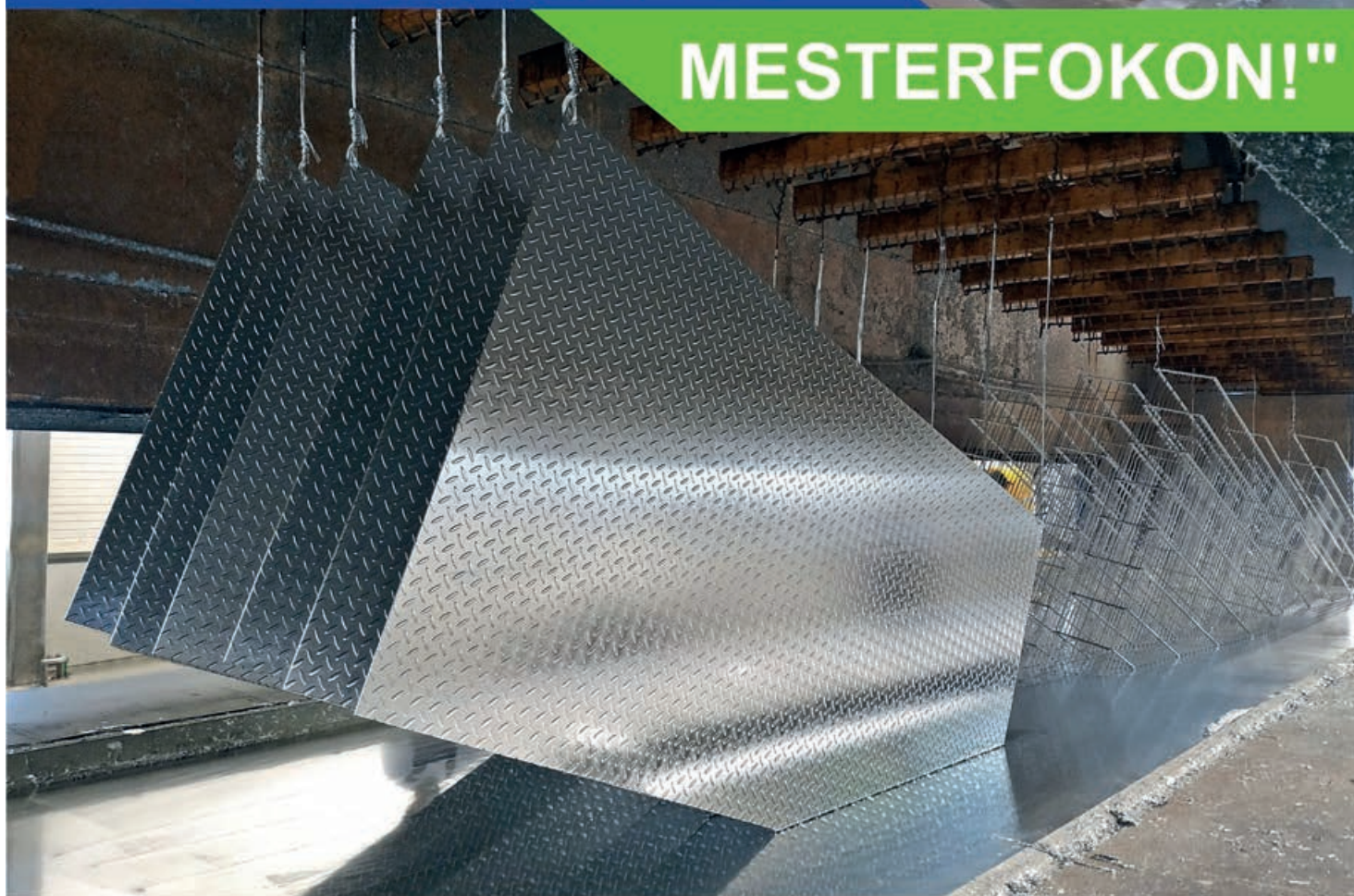
- Kimagasló teljesítmény a vastag bevonatokhoz
- Masszív, megbízható kialakítás
- Könnyű tisztítás és karbantartás
- Szakszervíz





"TŰZIHORGANYZÁS

MESTERFOKON!"



NAGÉV Cink Kft.

H-2364 Ócsa, Hammerstein Péter u. 1.

Mobil: +36 (20) 233 0129

E-mail: kontakt@nagev.hu

Horganyozható méret: 15x1,8x3 m (HxSzxM)

NAGÉV Kft.

H-4066 Tiszacsege, Ipar u. 30-34.

Tel.: +36 (52) 588 030, Fax: +36 (52) 588 033

Mobil: +36 (20) 227 0129

E-mail: csege@nagev.hu

Horganyozható méret: 7,2x1,05x2.4 m (HxSzxM)

nagev.hu

