

Budapest Ferihegy nemzetközi repülőtér - T2 terminál bővítése

SKYCOURT acélszerkezet kivitelezés

Kiss Csaba Zoltán, Górány Attila

Kész Ipari Gyártó Kft.

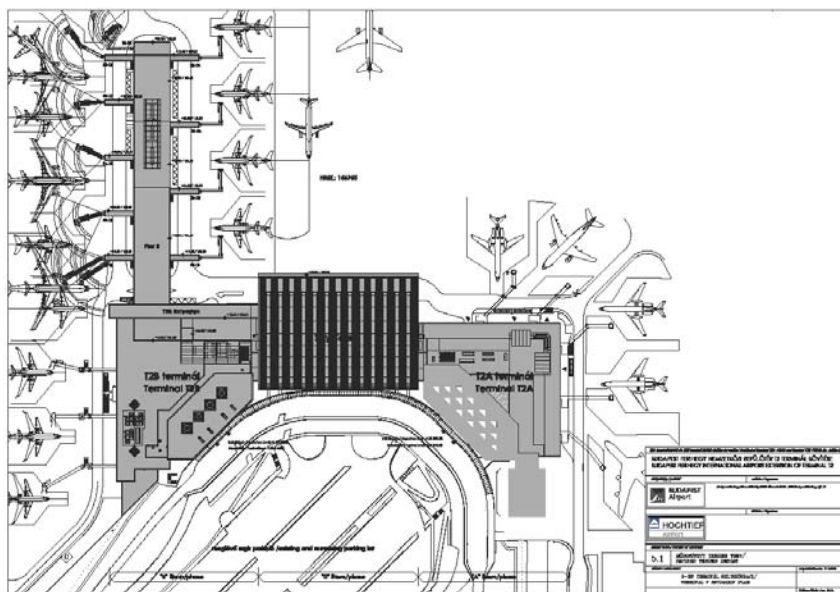
Absztrakt: Cégcsoportunk 2008. év végén nyerte meg a Ferihegyi repülőtér terminál bővítésének generál kivitelezését. A válság kapujában az ilyen volumenű munkák mindenki számára mentőövet jelentenek. Egy munkát azonban nem elég megnyerni, azt határidőre, jó minőséggel, a meghatározott költségkereten belül meg is kell tudni valósítani. A több mint fél éves előkészítési, tervezési munka eredményeképpen 2009. év végén indult el a bővítés acélszerkezet gyártását érintő része. Nagyon hamar kiderült, hogy a feladat nem egy szokványos „tetőszerkezet” tervezése, gyártása és szerelése lesz. A csőszerkezetből készülő háromöví rácsos tartó gyártása teljesen egyedinek számít Magyarországon. A feladat megoldásában gyors, határozott és jó döntéseket kellett hozni a tervezéstől kezdve, a csőmegmunkálás, előkészítésen keresztül a hegesztés és szerelésig egyaránt. A beszámoló a szerkezet megvalósítását mutatja be tervezéstől kezdve, a gyártáson át a szerelésig, részletes szakmai kitérével a hegesztés körülményeire.

Abstract At the end of the year 2008 Kész Group has won the execution works of Budapest Ferihegy International Airport extension. In this critical times the magnitude of works like this means a life-belt for every company. It is not enough to win a project but to be able to achieve according to schedule, in a good quality within the budget. As a result of more than a half year design and preparation work the manufacturing of extension of steel structure has started at the end of year 2009. Very soon it became clear that the job will not be a designing, manufacturing and installing an „ordinary roof”. Manufacturing of three corded lattice girder made of tube profiles matters absolutely uniquely in Hungary. To do this job we have to make a fast, definite and good decision alike at the fields of design, tube cutting, preparation, welding and installation. This report introduces the steps of execution starting from design thru the manufacturing and closing with erection and gives a detailed technical description on the welding conditions.

Kulcsszavak: Sky Court, Háromöví térbeli rácsos tartó, csőmegmunkálás, övcsövek, rács rudak, oszlopok, hegesztés, QSet™

1. Bevezetés

A Ferihegyi Nemzetközi Repülőtér bővítésének acélszerkezeti kivitelezését a Kész Csoporton belül a Kész Ipari Gyártó Kft. végzi. A bővítés célja, hogy a T2a és T2b terminálok összevonásával korszerű utaskiszolgáló és repülőtér-üzemelő létesítményt jöjjön létre. A bővítés leglátványosabb és egyben legbonyolultabb eleme a 70x114 m alapterületű SkyCourt épület acélszerkezeteinek kivitelezése. A beszámoló az acélszerkezet megvalósításáról ad áttekintést. (1. ábra)



1. ábra A bővítéssel érintett terület

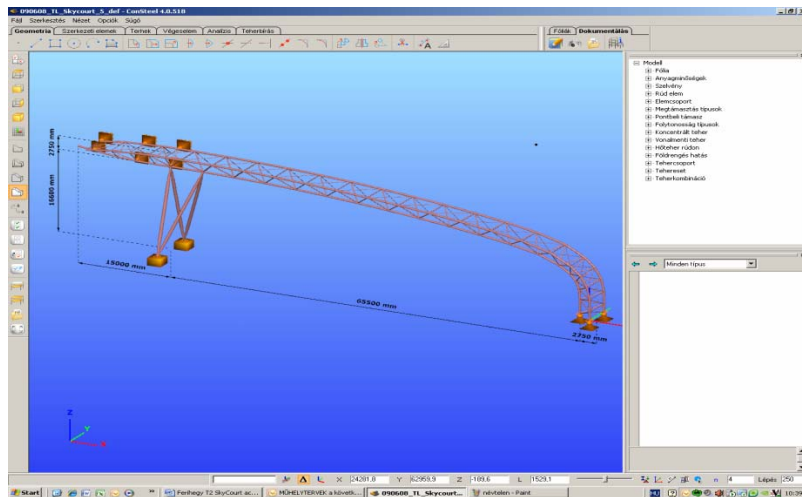
2. Tervezés

2.2. Feladat

A Sky Court tetőszerkezete nagy részben üvegtető. Az építési elvárásokat, amely szerint a tetőn való kilátást semmi sem zavarhatja, olyan szerkezetet kellett tervezni, amelyet csak a tető épület előtt rögzíthettünk össze. A tető acélszerkezetének további feladata számos technológiai, gépész szerkezet „elrejtése” és teherhordása. Sajnos ezen feladatok kielégítése és további igények, mint a tetőszerkezet attraktív burkolattal való befedése nem teszi lehetővé, hogy a kialakítás látszó legyen. Így viszont a 65 m fesztávú tető tartók terhei elérik a 2 tonna/fm terhelést.

2.3. Statika

A szerkezet globális számítása és méretezése az EN 1993-1 szabványok alapján történt a ConSteel 4.0 acélszerkezeti integrált számító-méretező program segítségével. (2. ábra)



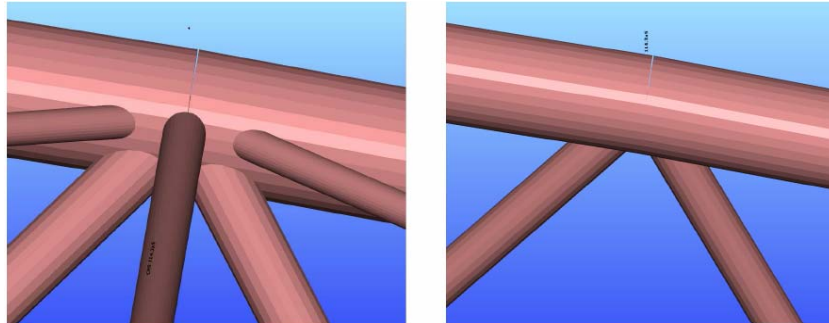
2. ábra G-5 jelű tartó statikai modellje (ConSteel4.0)

A rácsos tartók csomópontjainak teherbírását az EN 1993-1-8 szabvány alapján ellenőriztük. A szabvány a hegesztett csőszelvényű csomópontok ellenőrzésére ad útmutatást. A csomópontok többnyire hézagos kialakításúak. Azaz a rács rudak nem metszik egymást a csomópontban. A felső övek mentén K alakúak, azaz 2 db rácsrúd eltoltan csatlakozik az övrúdra, míg az alsó övnél térbeli K (KK) csomópontok jelentek meg. Itt már 4 db rácsrúd eltoltan becsatlakozva az övrúdra képez csomópontot, úgy hogy az egyik átlós rácsrúd nyomott, míg a másik húzott. (3. ábra)

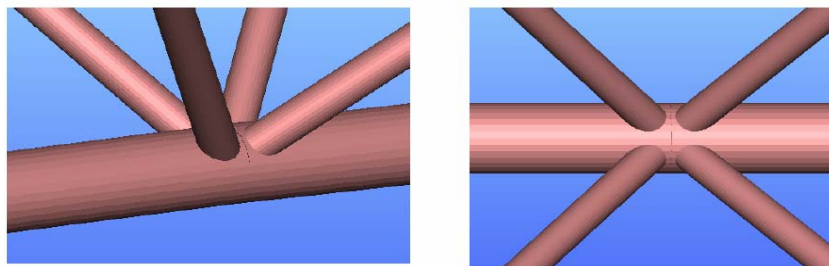
A földi oldalon a nagy görbület miatt az átlapoló típusú csomópontok is előfordulnak. Jóval bonyolultabb a helyzet a rácsos tartók támaszainál, ahol a támasz felett mind a négy rácsrúd nyomott és alulról is nyomott elem terheli az övet. Ez a forma legjobban egy X típusú csomóponthoz hasonlít. (4. ábra)

A szabványostól eltérő kialakítás miatt ezeket a csomópontokat rugalmas héj véges elemes analízissel is meg kellett vizsgálni, és méretezni. (5. és 6. ábra)

A támaszok kialakítása csapszegek alkalmazásával történik, amely kialakítás mind statikai mind szerelés szempontjából kedvező. A különös esztétikai látvány elérése volt a cél a rendkívül karcsú A alakú oszlopokkal, és csatlakozásuk formájával. A csatlakozó elemeket forgácsolással alakítottuk ki. (7. ábra)

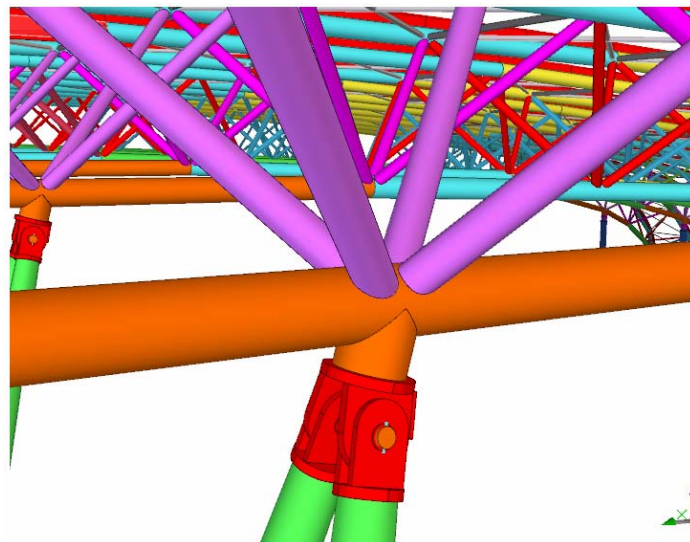


Top chord + 2 struts = TYPE K

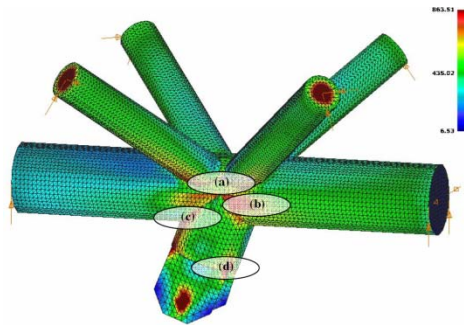


Bottom chord + 4 struts =TYPE KK

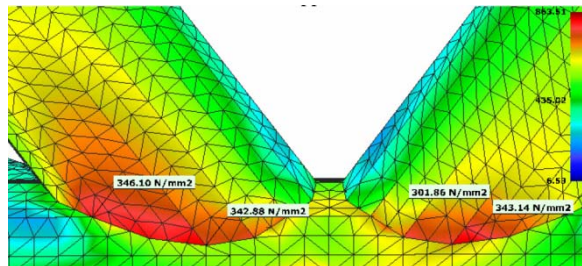
3. ábra A hézagos típusú csomópontok kialakítása



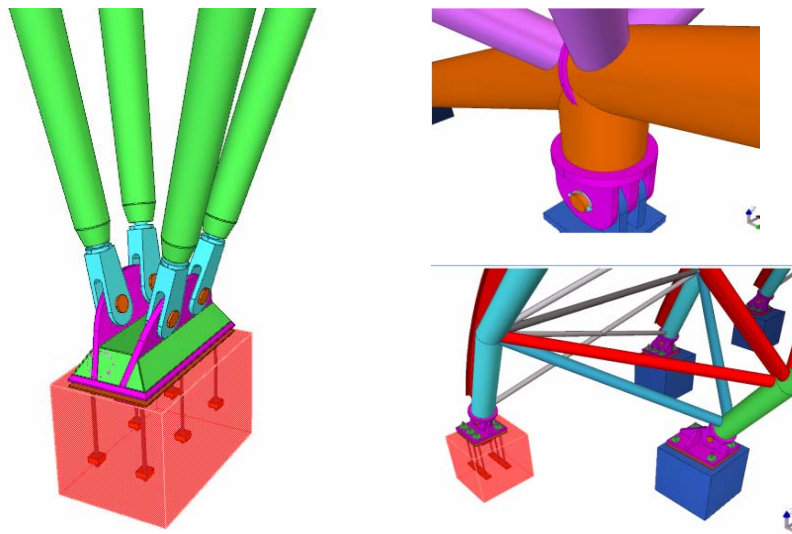
4. ábra Alátámasztási csomópont



5. ábra A csomópont rugalmas redukált feszültségei a [3] hivatkozás alapján



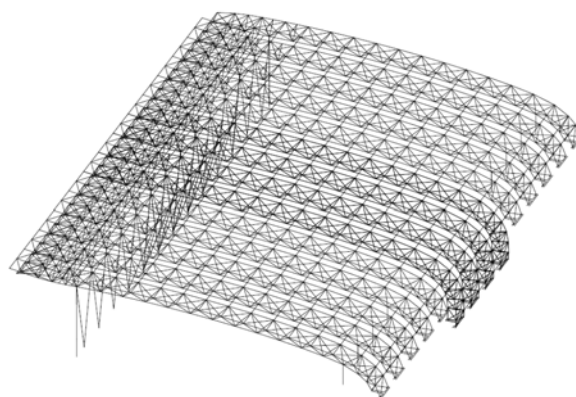
6. ábra Az (a) jelű részlet rugalmas redukált feszültségei a [3] hivatkozás alapján



7. ábra A támaszkialakítások részletei (Tekla)

3. Kialakítás

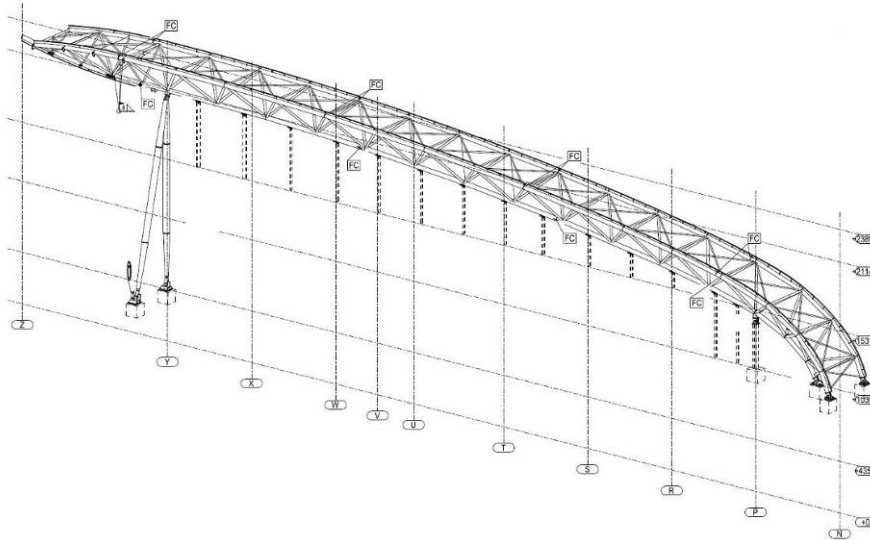
A feladatok megoldásaként háromöví rácsos tartó kialakítás született. A tetőszerkezete 14 darab háromöví térbeli rácsos tartóból áll, amelyek a földi oldaltól a légi oldal felé futnak változó görbülettel. A légi oldalon a tartókat A alakú oszlopok támasztják alá. Az oszlopok magassága 16 m. A tartók felső öveinek tengelytávolsága 4500 mm, a magasságuk pedig 2750 mm. (8. ábra)



8. ábra A tető térbeli drótváza

A „value engineering” során a térbeli csomópontok bonyolultsága miatt a teljes szerkezetet csőszelvényekből terveztük. A tartó alakja ezzel a lépéssel „légiesebb” lett, azonban a kivitelezés a csőáthatások megjelenése miatt még bonyolultabbá vált. A szerkezet tömege 770 tonna, amely 9400 folyóméter csövet jelent. A szerkezet 4000 db csőalkatrészből áll össze. (9. ábra)

Az övcsövek átmérője állandó (355 mm), a falvastagság az igénybevételtől függően 12-25 mm között változik. A szegmensek illesztése teljes keresztmetszetű tompavarrattal történik, ahol a tartó ívesebb, ott megjelenik a homloklemez toldás is. A rácsrudak változó keresztmetszetűek és falvastagságúak. Bekötéseik is változatosak, széttolt és átfedéses kialakítás is megtalálható, általában az övtoldásokhoz futnak be, ezért varrathalmazódások is előfordulnak. A varratkialakításuk alapvetően sarokvarratos, azonban ahol a szögállás miatt az EN 1090-2 szabvány iránymutatása szerint szükséges eljárni, ott tompavarratos kötés készül. Az oszlopok kialakítása változó keresztmetszetű, 508 mm átmérőről csökkennek 2 lépcsőben 273 mm átmérőre, kónuszos kialakítást képezve. Az oszlopok végét 120 mm vastag lemezből forgácsolt dugó zárja le. A beállíthatóságot M100x4-es finommenetes orsós kapcsolat biztosítja a villás kapcsolódó elemen. A betervezett lemezek minősége S355J2 és 30 mm felett S355M. Kihívást jelentett természetesen a 120 mm vastag lemezből kivágott és belül menetes furattal ellátott „dugó” behegesztése a támasztó-csőbe. A tetőn átlátszó üvegsávok és nem átlátszó lemezsávok váltják egymást. A légoldalon és a két végfalon függesztett üvegfal képez térlezárást.



9. ábra Rácsos tartó áttekintő képe

4. Gyártás előkészítés

A cső megmunkálás feladatának nagysága, áthatások miatti bonyolultsága és a megvalósítás szűk határideje a kézi csőmegmunkálást azonnal kizárta a lehetőségek közül. A csőmegmunkálási feladatok viszont olyan komplex elvárásokat támasztanak a csővágó géppel szemben, amely a mai piacon elérhető vágógépek körében nem állt rendelkezésre. Végül is sikerült egy holland gyártó céggel közös fejlesztés eredményeképpen (fejlesztések főleg szoftveres fejlesztések voltak), olyan cső és zártszelvény vágó gépet fejleszteni, amellyel az alkatrészek hatékony gyártását meg tudtuk valósítani. A fejlesztések így a csőmegmunkálást a tervezéstől az összeállításig segítették. A több ezer cső megszerkesztését, vágási éleinek a kialakítását csak egyszer kell elvégeznünk, ezzel is csökkentve az előkészítési munkát. A gép továbbá alkalmas a csövek azonosítására (elemjel) 10. ábra, csatlakozó csövek helyzetének (footprint) 11. ábra, orientációs vonalának a feljelölésére 12. ábra. Ezzel is nagyban segítve a gyártmány összeállítását, a megfelelő varrat előkészítések kialakítását.



10. ábra Elemjel jelölés



11. ábra Footprint



12. ábra Orientációs vonal

5. Kezdetek, befolyásoló tényezők

A kivitelezés az MSZ EN ISO 1090-2:2009 Acél és alumíniumszerkezetek kivitelezései 2. rész Acélszerkezetek műszaki követelményei előírás alapján történik.

Ez a szabvány a melegen hengerelt, melegen alakított, hegesztett és hidegen alakított acéltermékekből készülő acélszerkezetek megvalósítására határoz meg általános követelményeket. A szabvány a végleges kiadás előtti teljes átdolgozás után a tárgyalt területre vonatkozóan a DIN 18800-7 szabványsorozatot váltja fel.

A 60 főknnál kisebb rácsrúd-szögek esetén a rudak csúcsát le kell élezni, és a cső kerületének 2/3 részét 1/2V varrattal, míg 1/3 részét sarokvarrattal kell hegesz-

teni. A rácsos tartók csomópontjainak hegesztését az MSZ EN 1090-2 E mellékletének ajánlásai alapján kell kivitelezni. A melléklet a hegesztési élek kialakítására valamint a sarok- és tompavarratos szakaszok elhelyezésére ad iránymutatást acélcsövek esetén.

A hegesztési varratoknak az MSZ EN ISO 5817 szerint, tompavarrat esetén B osztályú besorolásnak, míg sarokvarrat esetén C osztályú besorolásnak kell megfelelniük.

A varratokra vonatkozó vizsgálatok:

- 100%, VT vizuális vizsgálat EN 970 / EN ISO 5817 szerint
- 10%UT, ultrahangos vizsgálat EN 1714 /EN ISO 5817 szerint tompavarratok esetében.
- 5% és 10%, PT vagy MT penetrációs vizsgálat EN 571-1 / EN ISO 5817 szerinti az öv-rácsrud kapcsolatokon 5%, a lehorgonyzó szerelvényeknél 10%

Felületükre merőleges irányban javított alakítási tulajdonságú acéltermékek (mint például a merevítő lemezek, letámasztó „fülek”, elválasztó lemeztárcsák) felhasználhatóságát, az anyag belső, rejtett eltéréseire utaló rendezetlenséget 20 mm-es vastagság felett az MSZ EN 10164 szabvány szerinti ultrahangos S1 és kontrakciós vizsgálat igazolja (Z35).

A terhek és hatások meghatározása az Eurocode alapján történt. Az épület profilja légellenállás tekintetében aszimmetrikus; rendkívül kedvező a földi oldalról a légi oldal felé. Ezért a felületi tényezők meghatározása a szélterheknél alapos mérlegeléssel történt.

A tető elemei, a függesztett üvegfalak a légi oldalon és a végfalakon, valamint a függesztett átjáró folyosó hatást kelt a fő tartószerkezetben.

Az acélcsövek alkotta háromövévű rácsos tartók 5 egymástól kisebb-nagyobb mértékben eltérő típusba sorolhatóak. A merevítési csomópontokat áthatásos kialakítással terveztük meg.

Az övrudak esetében alkalmazott anyagminőség: EN ISO 10210-1 szerinti S355J0H, melegen hengerelt varratnélküli acélcső.

A hegesztési maradó feszültségek csökkentésére valamint a varratfém és a hőhatásövezet alakváltozási képességének kedvezőtlen megváltozásának elkerülésére előmelegítést írtunk elő.

Az alapanyag szénegyenértéke, valamint a hegesztési próbák kiértékeléséből levont következtetések, ill. az anyagvastagság, kötéskialakítás, merevség, továbbá az EN 1011-2 alapján határoztuk meg az előmelegítési hőmérsékletet. Övrudak esetében 16 mm-es falvastagságtól melegítünk, rácsrudak esetében a fő cső (öv) falvastagsága alapján döntöttünk arról, hogy egységesen alkalmazzuk a 100 °C-os hőmérsékletet.

Rács rudaknak EN ISO 10219-1 szerinti S235J2H, hidegen hengerelt varratos acélcső került kiválasztásra.

A gyártás megkezdéséhez szükséges volt a hegesztési próbák során igazolt technológiák jóváhagyására az MSZ EN ISO 15614-1: 2004 szerint:

- tompavarratos kötés 135/136-os eljárások kombinációja, rögzített pozícióban

- tompavarratos kötés 141/135-ös eljárások kombinációja, rögzített pozícióban,
- ráültetett csőelágazás, 135-ös eljárás, PB pozíció

A hegesztéstechnológia kiválasztása szempontjából a hibamentes kötés kialakítás mellett az elvárt termelékenység fenntartása volt a meghatározó. Kiinduló pont volt a korábban használt és „uralt” hegesztési technológiák alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata. A lehetőségeket két feltétel határolta be, a jelenleg gyártásban alkalmazott hegesztési eljárások csoportja és a kapcsolódó hegesztő személyzet felkészültsége. Az általunk alkalmazott és megszokott hegesztési tevékenységtől nagyban eltérő új feladatok a következők voltak: euro szelvény helyett acélsövet, kétoldalú varratkialakítás helyett gyökértegre felépített körvarratot, vízszintes helyzetbe forgatott hegesztési pozíció helyett kényszerhelyzetben történő hegesztést kell kiviteleznünk.

Üreges szelvények hegesztésére adott volna megoldást a beolvadó betét alkalmazása 135-ös eljárás alkalmazása mellett. Az ilyen kivitelezés a szög alatt csatlakozó övrudak esetében a betét gyűrű kialakítása tekintetében gyártási problémákat vet fel. Az alátétre történő varratfelépítés számos előnye mellett veszélyt is tartogat. Nevezetesen: a kialakításra jellemző a gyököldali szélbeégés, vélhetően ez az oka annak, hogy a normál tompavarratoknál lényegesen rosszabb fáradási osztályba sorolják az így készített varratokat, mint ahogy a témával foglalkozó cikkek is említik. A nem megfelelő pontossággal illesztett betét esetében a csőfal és az alátétlemez közé bejutó ömledék dermedése során repedésképződést tapasztaltunk. Mindezeket figyelembe véve döntöttünk a gyökre hegesztés mellett.

Gyöksorok hegesztésére a 141-es eljárás mutatkozott használhatónak, szem előtt tartva az AWI hegesztésből adódó előnyöket és a hátrányokat.

Az alkalmazás mellett szóló érvek:

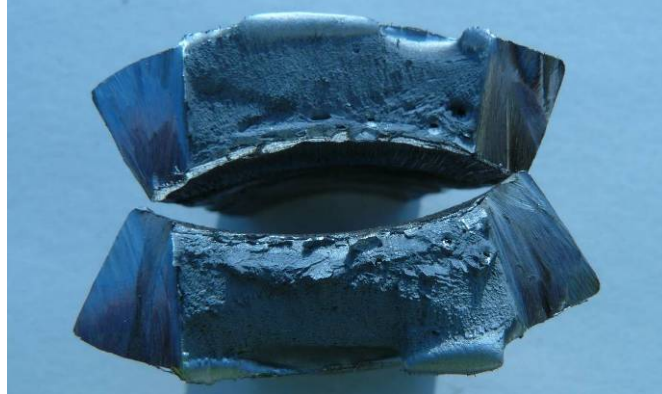
- kiváló minőségű, általában hibamentes varratot eredményez
- az ív rugalmas, széles teljesítménytartományban szabályozható
- nincs fröcskölés
- a varrat előkészítés egyszerűsödik

Hátrányai:

- kis áramsűrűség, kis beolvadási mélység, kis hegesztési sebesség
- érzékenyebb a hegesztési hely tisztaságára
- felkészültebb hegesztőt igényel

A toldó varratok száma nagyságrendileg a több százastartományban mozog. Az előbb említett hátrányok és a nagy volumen együttesen indokolták a további megoldások keresését.

A próbahegesztések során be kellett látnunk, hogy rögzített pozícióban fogyóelektródás, aktív védőgázos eljárást alkalmazva kötéshiba mentes varratot hegeszteni nem tudunk ($t = 16$ mm, a gyökértegre 120-130 A, töltő-, takaró sorok 140-160 A). Csalódást okozott az is, hogy az említett eljárással forgatott próbadarabok lehegesztése során sem értünk el megnyugtató eredményeket. Nem megengedhető eltérések mutatkoztak a gyöksorban, a gyöksor és az azt követő töltősor határteregében, még a takarósorban is. (13. ábra)



13. ábra 135-ös eljárás, tömör huzal, PF hegesztési pozíció

6. Megvalósítás

Hegesztési tevékenységeket meghatározó gyártási fázisokat határoztunk meg:

1. háromvű rácsos tartók
2. alátámasztási pontok
3. lehorgonyzó szerelvények
4. támasztó lábak

A hegesztett kapcsolatok felől közelítve, az egyes gyártási egységeken különböző típuscsomópontokat jelöltünk ki.

Ezek a következő besorolást kapták:

- helyszíni kapcsolat
Övrudak tompavarratos kötése, V illetve $\frac{1}{2}$ V kialakítással. Az összeállítást elősegítő, ill. a kapcsolatot merevítő lemezek sarokvarratos kötése.
- alátámasztási pont
Csőprofil és lemez sarokvarratos kapcsolata, a varratméret a falvastagságnak felel meg. Erősített kivitele esetén a rács rudat alkotó csöveket az erősítő lemeztárcsával $\frac{1}{2}$ V varrattal kell készre hegeszteni. A merevítő függőleges diafragmalemez kapcsolatai tompavarratok.
- övrudak toldó varratai
Az átmérő állandósága mellett változó falvastagság. A tengelyek szöget zárnak be.
- rácsrudak bekötési pontjai.
A csőtengelyek által bezárt szög jellemzően 60° alatt. A kötés kialakítás sarokvarrat tompavarrattal kombinálva.

6.1. Háromövíű rácsos tartó övrudainak toldó varratai

Átmérő 355.6, falvastagság 10-25 mm között. (14. ábra)



14. ábra Övek összeállítása

Az eltérő vastagságú, de azonos névleges átmérőjű csövek között a falvastagság váltás átvitelére a szabványos 1:4 arányú leélezés került alkalmazásra. A csőtengelyek szöget zárnak be, az tartó ívének megfelelően.

A gyökréteg hegesztése 135-ös eljárással, PG pozícióban a feladat megoldására alkalmasnak mutatkozó, kifejezetten ilyen célra kifejlesztett ESAB áramforrás beszerzésével vált lehetővé. Mindössze a huzal előtolási sebességét kell beállítani, a vezérlés automatikusan kiválasztja és beállítja az alkalmazott huzal/védőgáz kombinációnak megfelelő hegesztési paramétereket. QSet™ a hegesztők legnagyobb segítségével, mindössze egy gomb állításával gyors és pontos beállítást tesz lehetővé. Jelentősége a beállítás egyszerűsége mellett a konstans beolvadás, ugyanis az ív gyorsan alkalmazkodik az áramátadó távolság megváltozásához.

Ez az eljárás azonban más hegesztési technikát igényel. Szükséges a nagyobb illesztési hézag, így jobb, biztonságosabb a gyök kialakítása, mint az egyéb hegesztési eljárások esetében. A hegesztéshez 1.0 mm huzalelektroda szükséges. Elértük a célt, nem kellett kompromisszumot kötnünk a varratminőség és a termelékenység között (a gyökvarrat hegesztés sebessége eléri a 22-25 cm/perc értéket). (15. ábra)

Az eljárás használatának előnyei:

- teljes beolvadás mindkét oldalon,
- tökéletes gyökoldal,
- egyszerűbb a munkavégzés, mint egyéb eljárások esetében,
- állandó a varratminőség,

További előnyök:

- kitűnő összeolvadás, kitűnő varratgyök,
- egyszerű a hegesztési művelet,

- kevesebb a fröcskölés,
- kevesebb a füstképződés,
- komfortosabb munkavégzés.



15. ábra: 135/136 kombináció, PG/PF hegesztési pozíció

A töltő és takarórétegek 136-os eljárással, rutilos, portöltésű huzallal készülnek.

Kötéshibamentes, megbízhatóan reprodukálható töltő- és takaróréteget mind forgatott mind rögzített tengelyű csövek hegesztett varratainál a rutilos portöltésű huzalra való váltás (ESAB OK 15.14 Ø1.2) után tudtuk elérni. (16. ábra)

A próbahegesztések során a következő előnyöket tapasztaltuk, összevetve a tömör huzalos alkalmazással:

- jobb a varratminőség
- termelékenyebb a hegesztési munka
- növelhető a repedés-mentesség
- minimalizálja a porozitást
- a varrat mechanikai jellemzői igen kedvezők
- az illesztési hézag eltérésre, él eltolódásra kevésbé érzékeny
- kevésbé fröcsköl
- stabilabb hegesztőívet ad
- kényyszerhelyzetben való hegesztésnél a nagyobb áramerősség

A falvastagság függvényében előmelegítést alkalmazunk. A hegesztés forgatott helyzetben történik. A porbeles huzal előnyei itt a fent említetteken túl a rétegvastagság növelésében jelentkeznek, ami által varratsorokat tudunk elhagyni, csökkentve ezzel a hegesztésre fordított időt. A terhelés szempontjából kritikus pontokon erősítő lemeztárcsák kerültek beépítésre. Ebben az esetben a kötészialakítás 1/2 V varrat.



16. ábra: Övrudak toldó varrata

6.2. Háromövíű rácsos tartó felső övének hegesztése

A felső övet alkotó rácsrudak méretei 88.9-114.3 mm. Falvastagság 4-7.1 mm között változik. (17. ábra)

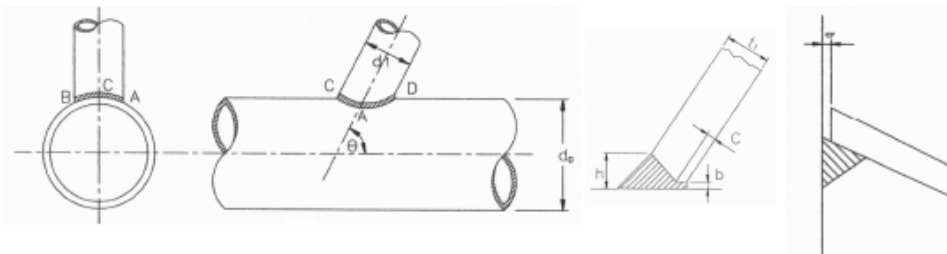


17. ábra Felső sík összeállítása

A felső sík gyártásánál, hegesztés szempontjából a 60° -nál kisebb szögben beérkező rács rudaknál alkalmazott részleges tompavarratos kötés lehegesztése (az EN 1090-2 E melléklet ajánlásai alapján) jelentett kiemelt feladatot. (18-20. ábra)



18. ábra: Varrat előkészítés rácsrudak bekötésénél



19. ábra Varrat előkészítés rácsrudak bekötésénél EN 1090-2 E melléklet

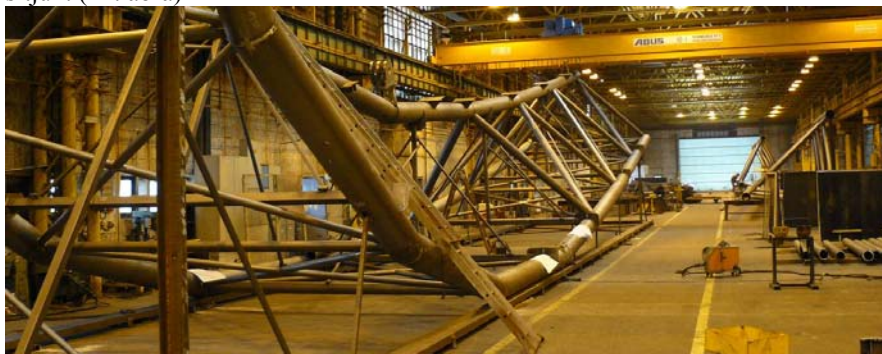


20. ábra Rácsrudak lehegesztve

6.3. Háromövű rácsos tartó térbeli állítás

A rácsrudak az igénybevételi erők változásának függvényében 168.3-193.7 mm-es átmérő mellett 8-16 mm-es falvastagsággal kerülnek beépítésre.

Az összeállítás állítószablonok használata mellett történt. A helyszíni szerelhetőséget az egymást követő gyártási egységek egymáshoz történő beállításával biztosítjuk. (21. ábra)



21. ábra Felső sík összeállítása

Hegesztési oldalról nézve a 60° -nál kisebb szöget bezáró rácsrudak változó varratkialakítása mellett a falvastagsággal megegyező varratvastagsággal lehegesztett sarokvarratos kötések jelentették a nehézséget. A ráültetett kapcsolat sajátosságából adódóan nagyszámú varratsor lehegesztésével értük el az előírt szárhosszakat és ezzel együtt a varratvastagságot. (22. ábra)



22. ábra Ráültetett kapcsolat

A varratok kivitelezéshez jelölő és ellenőrző sablonokat készítettünk.

A rácsrudak bekötései változatosak, széttolt és átfedésszerű kialakítás is megtalálható, általában az övtoldásokhoz futnak be, ezért varrathalmazódások is előfordulnak. (23-24. ábra)



23. **ábra** Rácsrudak a falvastagsággal megegyező varratvastagságra hegesztve



24. **ábra** Rácsrudak átlapolt kötés kialakítással

6.4. Alátámasztási pontok

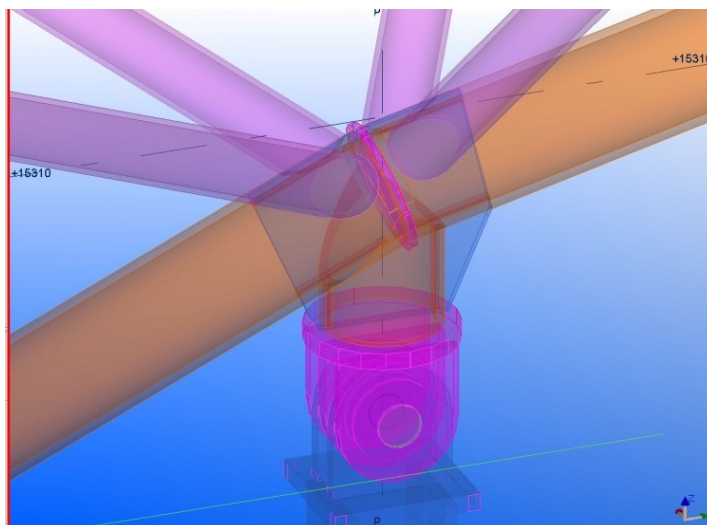
A hátsó alátámasztási pontok csőprofil és lemez kapcsolattal vannak kialakítva. A támaszok eltérő típusúak. A kapcsolat sarokvarratos kötés, varratméret a falvastagságnak felel meg (a16, a20). A kapcsolatban szereplő csőátmérő 355.6 mm, lemezvastagság 50 mm.



25. ábra Alátámasztási pont

A 25-26. ábrán egy erősített alátámasztási pont látható. A rács rudat alkotó csöveket (pl. S355.6x25) az erősítő lemeztárcsával (lv. 20 mm) 1/2 V varrattal kell készre hegeszteni.

A függőleges diafragmalemez (lv. 20 mm) kapcsolatai tompavarratok (1/2 V, ill. K varratok).



26. ábra Alátámasztási pont a modell térben

Az alátámasztó csomópont sarokvarrattal kapcsolódik az övrúdhoz. Sarokvarratos a kapcsolat a csomópont és az 50 mm vastag lemeztárcsa között ($a = t$).

6.5. Támasztó oszlopok

A földi oldalon a tartók háromötvű oszlopot formálnak, és csuklósan kapcsolódnak a vasbeton fogadó szerkezethez. A légi oldalon a tartókat A alakú oszlopok támasztják alá. A támaszok magassága 16 m. Az oszlopok mindkét végükön vékonyodnak, - előkészítve a kónuszos kialakítást- és csuklós kapcsolattal csatlakoznak. A légi oldal felőli támaszoknál alkalmazott villa, a vele kapcsolatos menetes anyával („dugó”) különleges esztétikai igényeket elégítenek ki, azon kívül biztosítják az oszlopok magasságának beállíthatóságát. Ezek az alkatrészek forgácsolással készülnek, alapanyaguk S355M, lemeztvastagságuk 120 mm, ill. 150 mm. A termomechanikusan hengerelt alapanyag kiválasztásában döntő szempont volt, hogy a helyszíni körülmények között is biztosítani tudjuk a megfelelő hegesztési minőséget nagyobb „energia” befektetése nélkül. (27. ábra)



27. ábra Villa-dugó

A hegesztést minden esetben csak biztos, a kivitelezés szempontjából a legegyszerűbb, stabil pozícióban végezzük (forgató, állvány, stb.) (28. ábra)

Ennél fogva az általunk már megfelelően uralható vízszintes helyzetben alkalmazzuk a tömörhuzalos hegesztést is.



28. ábra Hegesztési pozícióba forgatás

7. Hegesztő személyzet

A hegesztő személyzet felkészítése két úton haladt. Szükségesnek éreztük egy kisebb létszámú, szakmailag kiemelten felkészült csoport létrehozását a tompavarratos hegesztési feladatok kezeléshez. Ugyanakkor a rácsrudak sarok, ill. részben tompa és sarokvarratos kapcsolatának hegesztésébe bevonásra kerülők felkészítése is megtörtént. A felkészítés a hegesztéstechnológia kialakításához hasonló nehézségeket hozta. A gyökeréteg hegesztése teljese mértékben idegen volt a korábbi gyártási feladatoktól. A porbeles huzallal is a projektre történő felkészítés során ismerkedtek meg a hegesztők. A rácsrudak hegesztési tevékenységébe bevont hegesztőket munkapróba alapján minősítettük. Mindezen korlátozó tényezők ellenére a személyzet felkészítése mind a tompavarratok, mind a sarokvarratok hegesztésére sikeresnek tekinthető.

8. Szerelés

A helyszínrre a rácsos tartók gyártási egységekben érkeznek. A komplett rácsos tartók 5, illetve 6 részre lettek bontva. A tartók az eredeti pozíciójuknak megfelelően lettek betárolva. A szerelés a 15 tengely felől, 2B termináltól kezdődött. A szerelés első lépéseként a földön megtörténik a gyártási egységek bemérése, hegesztéshez pozícióba hozása, méretellenőrzése geodéta által (2,3,4-es tagok), ami az induló oldal íves egysége és a szerelés szempontjából külön kezelt konzolos előre ugró rész nélkül történik. (29. ábra)



29. ábra 3,4,5 tagok összeállítása

A helyszíni hegesztési munka felelőse, Vegyépszer Zrt. teljes körű felügyelete mellett történik. Az alkalmazott hegesztési eljárás a megfelelő biztonságot nyújtó AWI eljárás és a hegesztők által megfelelően uralt tömör huzalos védőgázas eljárások kombinációja. Az egyes gyártási egységek csatlakozó pontjainak él előkészítése műhelygyártási feladat volt. Merevítő lemezes megoldásnál a merevítő lemezek behesztése és a csővégek él előkészítése, míg tompa varratos kialakításnál a csővég előkészítése már a gyártó műhelyben megtörtént. (30. ábra)



30. ábra Merevítő lemezes toldás összeállítása

A rácsos tartó összehegesztett középső tagjainak (3,4,5) a beemelését megelőzi a lehorgonyzó szerelvények beállítása. A bemérés geodéziai mérőpontok felvételével történik mind az induló oldalon, mind a légi oldal felőli alátámasztási pontoknál. A beemelés első fázisa az íves egységek elhelyezése, ill. a támasztó lábak helyzetbe hozása. Mindkét egység csapos megoldással kapcsolódik a lehorgonyzó szerelvényekhez. (31. ábra)



31. ábra Az íves egység elhelyezése

A folyamat során következő eleme a földön összeállított egység mozgatása, beemelése a megfelelő tengelyre. Az üvegfal felől lévő lábakra történő pozicionálást követően történik a kapcsolódó övek hegesztési helyzetbe hozása a szükséges előkészítő fázisok (pl. állványozás, hegesztő fülke beállítása) elvégzésével. A hegesztést követően a teljes keresztmetszetű V, ill. $\frac{1}{2}$ V vizsgálatát végzik. (32. ábra)



32. ábra A földön összehegesztett tagok beemelése (2,3,4)

A felállított tartók a következő fázisban megkapják a konzolos „orr” részt, valamint az egyéb általános szerkezeteket, mint például merevítést, járófelületeket, tetősáv üvegtartó konzoljait, „pengefal” acélszerkezetét. Az említett szerelési egységek csavarkapcsolatos csatlakozással kerültek kialakításra. (33. ábra)



33. ábra „orr” rész beemelése

Összefoglalás

Figyelembe véve a projekt sajátosságait, azaz a nagy volumenű áthatásos csőszerkezet tömeggyártását, rövid átfutási idő, a magas minőségű elvárásokat, a korlátozott büdzsét, és a Gyártó Kft. adottságait (szakmai tapasztalat, rendelkezésre álló eszközök) összességében kijelenthetjük, hogy a gyártási feladatot hagyományos gondolkodással nem lehetett volna kivitelezni. A világon egyedülálló csőáthatás vágó gép beruházása, fejlesztések, új technológia alkalmazása, a szakemberek tudása, kreativitása, rugalmassága tette lehetővé, hogy ilyen szép acélszerkezet készülhessen el Magyarországon. Reméljük, hogy a beruházók, tervező irodák ezen remekmű láttán a jövőben egyre több, hasonlóan szép acélszerkezet felállítását tervezik majd Magyarországon.

Irodalomjegyzék

- [1] Tornai László: Ferihegy T2 Skycourt acélszerkezet kiviteli tervezése, Acélszerkezetek, 2010. VI. évfolyam 2. szám, pp. 32-35
- [2] Górány Attila, Kiss Csaba, Budapest Ferihegy nemzetközi repülőtér – T2 Terminál bővítése, Hegesztés-technika: 2010. XXI. évfolyam 1. szám 73-78
- [3] Papp, F.: Budapest Ferihegy Nemzetközi Repülőtér T2 Terminál bővítése (2009) Terminal csarnok acélszerkezetű rácsos főtartó csomópontok végelelemes analízise, Statikai számítás összefoglalója (Készült a KÉSZ Építő Zrt. megbízása alapján), Budapest, 2009