



MAGYAR
TŰZIHORGANYZÓK
SZÖVETSÉGE

TŰZIHORGANYZOTT ACÉLSZERKEZETEK



Kézikönyv acélszerkezetek tervezéséhez, tűzihorganyzáshoz megfelelő
tervezéséhez és gyártásához

2. kiadás

Figyelem! A kiadványban szereplő információk a tűzihorganyzással kapcsolatos legkorszerűbb ismeretek alapján lettek összeállítva, melyeket mindenki saját felelősségére használhat fel. A kiadványra hivatkozással történt esetleges károkért a kiadó semminemű felelősséget nem vállal. A könyvben szereplő valamennyi információ a kiadó tulajdonát képezi, csak a kiadó írásos engedélyével sokszorosíthatók és publikálhatók.

Kiadja:

Magyar Tűzihorganyzók Szövetsége (www.hhga.hu)

Szerkesztette: Antal Árpád

Szakmailag lektorálta: Nagy Miklós, Imre Miklós, Hegyes László

Készült: 2020.

Tartalom:

Előszó.....

1. Miért tűzhorganyozunk?

Tűzhorganyzás és festés összehasonlítása.....

1.1 Horganyzás vagy tűzhorganyzás.....

1.2 Festés helyett tűzhorganyzás.....

1.3 A tűzhorganyzás gazdaságossága.....

2. A tűzhorganyzás elmélete, a bevonat kialakulása,

alkalmazási területek és a technológia

2.1 A bevonat kialakulása és az acélapanyag helyes megválasztása.....

2.1.1 A fémréteg kialakulása.....

2.1.2 A gyakorlatban használatos acélminőségek.....

2.2 A technológia.....

2.3 A horganyréteg jellemző tulajdonságai.....

2.4 Általános alkalmazási lehetőségek.....

3. Konstrukciós irányelvek, gyártás és termékkezelés

3.1 A szabványszám megadása.....

3.2 A lényeges felület kijelölése.....

3.3 Optimális acélminőségek kiválasztása.....

3.4 Befoglaló méretek, tömeg meghatározása.....

3.5 Mérettűrések.....

3.6 Tűzhorganyzáshoz ajánlott szerkezeti kialakítások.....

- 3.6.1 *Acél alapanyag vastagságának helyes megválasztása.....*
- 3.6.2 *Optimális termékkeresztmetszet választás.....*
- 3.6.3 *Technológiai nyílások helyes kialakítása.....*
- 3.6.4 *Gerinclemezes tartók kialakítása.....*
- 3.6.5 *Átlapolt kötések tervezése és kivitelezése.....*
- 3.6.6 *Nyitott szelvényből készített keretszerkezetek.....*
- 3.6.7 *Vékony lemezből készített acélszerkezetek kivitele.....*
- 3.6.8 *Nehéz-acélszerkezetek tervezésének szempontjai.....*
- 3.6.9 *Tartályok kialakítása.....*
- 3.6.10 *Csak kívül tűzhorganyzott termékek.....*
- 3.6.11 *Térbeli szerkezetek osztása.....*
- 3.6.12 *Öntvények tűzhorganyzása.....*
- 3.6.13 *Apró termékek (tömegáruk) bevonása.....*
- 3.6.14 *Horganyfelvétel megakadályozása.....*
- 3.6.15 *DAST-Richtlinie 022.....*

3.7 Felfüggesztési pontok helyes megválasztása.....

3.8 Acélszerkezetek gyártására vonatkozó főbb szempontok.....

- 3.8.1 *Darabolási eljárások.....*
- 3.8.2 *Hegesztés.....*
- 3.8.3 *Hegesztő anyag kiválasztása.....*
- 3.8.4 *Az acélszerkezet felületi minősége.....*

3.9 Tűzhorganyzást követő utómegmunkálás, utókezelés, festés.....

3.10 Tűzhorganyzott termékek csomagolása és tárolása.....

3.11 A késztermékek minőségi átvétele

4. Tűzhorganyzással kapcsolatos szabványok értelmezése

4.1 MSZ EN ISO 1461: 2009 szabvány.....

- 4.1.1 *A termék külső megjelenése.....*
- 4.1.2 *A bevonat vastagsága.....*
- 4.1.3 *Hibahelyek és javításuk.....*
- 4.1.4 *A réteg tapadása.....*
- 4.1.5 *Egyéb követelmények.....*

4.2 EN ISO 14713 szabvány.....

5. Tűzhorgany bevonat külleme, és mechanikai-tulajdonságai

5.1 Mitől fényes, vagy szürke egy bevonat?.....

5.2 A bevonat külleme és a horganyzás ára között összefüggések.....

5.2.1 Az acélminőség hatása a horganyzási árra.....

5.2.2 Az acélszerkezeti konstrukció hatása a horganyzási árra.....

6. A cink élettartama

6.1 A horganyréteg légköri korróziója

6.2 A cink korróziós élettartama különféle közegekben.....

7. Tűzhorganyzási hibák elkerülése és javításuk

7.1 Hibák és megelőzésük.....

7.1.1 Tervezésből adódó leggyakoribb hibák.....

7.1.2 Acélszerkezet gyártásából adódó fontosabb hibák.....

7.1.3 Raktározásból adódó gyakoribb hibák.....

7.1.4 Szállításból adódó hibák.....

7.1.5 Acélszerkezetek szereléséből adódó hibák.....

7.2 Bevonat sérüléseinek javítása.....

8. Segédlet a tűzhorganyzáshoz ajánlott acélféleségek kiválasztásához

8.1 Acélminőségek helyes kiválasztása a korróziós követelményeknek

megfelelően.....

8.2 Különféle acélminőségek tűzhorganyzásának tapasztalatai

8.2.1 Optimális acélminőség felhasználása, csillogóan fényes védőrétegek.....

8.2.2 Egyéb acélminőségek alkalmazása.....

8.2.3 Acélalapanyag felületi hibáiból adódó hiányosságok.....

9. Tűzhorganyzáshoz alkalmas hegesztési technológia és hegesztőanyag kiválasztása

9.1 A hegesztés hatásai a tűzhorganyzott acélszerkezetre

9.2 A hegesztési technológiához kapcsolódó szempontok.....

10. Duplex védelem jelentősége

10.1 A duplex védelem elve és élettartama.....

10.2 A horganybevonattal szemben támasztott minőségi követelmények.....

11. Gyakoribb hibajelenségek képekben.....

Előszó

Tisztelt Olvasók!

Kiadványunkat nem elméleti kérdésekkel foglalkozó szakirodalomnak szánjuk, hanem kifejezetten a gyakorlati életben –akár a munkahelyek mellett is - felhasználható ismeretanyagot igyekszünk közreadni. A tűzihorganyzási technológia elterjedésének köszönhetően egyre több és több beruházó választja ezt a korrózióvédelmi eljárást, felismerve vitathatatlan előnyeit és széleskörű alkalmazhatóságát. Digitalizált világunk sem nélkülözheti a praktikus és könnyen kezelhető papírra nyomtatott anyagokat, nem minden esetben van lehetőség a számítógépek használatára. Sőt megkockáztatjuk, egy jól sikerült könyv kezelése és áttekintése sokkal könnyebb és gyorsabb, gyakorlatiasabb, mint a számítógépeken történő keresgélés, nagy segítséget jelent az üzemi munkában, vagy a tervezési gyakorlatban.

Örömmel ajánljuk a könyvet a tervezőmérnököknek, akik minden szükséges információt megtalálnak ahhoz, hogy jó minőségű és tűzihorganyzáshoz tökéletesen megfelelő acélszerkezeteket tervezzenek. Ők azok, akik elsősorban meghatározzák a leendő objektum jellemzőit, így a korrózió elleni védelmét. Külön kiemeljük könyvünk táblázatait, melyekben a leglényegesebb információkat összefoglalva, könnyen kezelhetővé tettük a könyvet.

Természetesen ajánljuk kiadványunkat az acélszerkezet gyártók figyelmébe is. Az acélszerkezetek legyártása közben számos olyan apróbb és nagyobb feladattal találkozhatnak, melyek esetleg kérdéseket vetnek fel az adott termék tűzihorganyzáshoz helyes kialakítására vonatkozóan. Oldalainkon igyekeztünk olyan gyakorlatban is használható információkat adni, melyek röviden és tömören foglalják össze a tűzihorganyzásra kerülő acélszerkezetek gyártása közben leginkább felvetődő kérdéseket, és igyekszünk megadni rá helyes válaszokat is.

Nem utolsó sorban lapozzák könyvünket nagy haszonnal azok a szakemberek is, akik korrózió elleni védelemmel foglalkoznak, vagy csupán érdeklődnek a technológia felől. Nagy örömünkre szolgálna, ha a jövő mérnökei, szakemberei, vállalatvezetői mind-mind hasznos információkat nyerhetnének a kiadványunkból.

2020. október 30.

Tarány Gábor, elnök

Magyar Tűzihorganyzók Szövetsége

1.Miért tűzhorganyozzuk?

Tűzhorganyzás és festés összehasonlítása.

Napjaink sokoldalú kínálata esetenként elbizonytalanítja a szakembereket, vajon helyesen járnak-e el akkor, amikor egy adott korrózióvédelmi eljárás alkalmazása mellett foglalnak állást. A korrózió elleni védelem főleg műszaki megfontolásokon alapul, de a döntést természetesen befolyásolják gazdaságossági és egyéb szempontok is. Alapvető kérdésként merül fel, hogy egy objektum esetében akkor döntünk-e el helyesen, ha fémbevonatot, vagy akkor, ha műanyag-bázisú védőréteget választunk, vagy jobb, ha a korróziónak ellenálló alapanyagból gyártjuk le a szerkezetet. Csak a fémbevonatokon belül, sőt a horgannyal (cinkkel) történő bevonó eljárások között is jelentős különbségek vannak. Könyvünk első oldalain segítséget kívánunk nyújtani az alkalmazási körülményekhez legalkalmasabb eljárás kiválasztásához.

1.1 Horganyzás, vagy tűzhorganyzás

Műszakiak között sokszor esik szó a „horganyzásról” mint korrózióvédelmi technikáról, azonban nem minden esetben ugyanarra a technológiára gondolnak. Az egyes módszerek abban megegyeznek egymással, hogy a vas/acél felületén kialakuló védőréteget elsősorban cink (horgany) alkotja. Azonban a technológia lépései és a képződő bevonatok tulajdonságai kisebb-nagyobb mértékben különböznek egymástól, ami ennek megfelelően az eltérő felhasználási lehetőségeket is magában hordozza.

A megfelelő korrózió elleni védelem kiválasztásakor mindenkor a várható környezeti hatásokból kell kiindulni (lásd: 8. fejezet). Azonos anyagi minőségű bevonatoknál - korróziós szempontból - a védőréteg vastagsága és tömörsége is meghatározó. Többféle olyan fémbevonat létezik, melynek anyagát horgany alkotja. A könyvben kizáróan a korróziós igénybevételeknek leginkább ellenálló, szakaszos tűzi-mártó eljárással létrehozott bevonatokat érintjük. Légköri hatásoknál, kültéri acélszerkezetek esetében ez, az ún. szakaszos darabáru tűzhorganyzás (acélszerkezeti horganyzás) technológiája a legkedvezőbb megoldás. Egyéb eljárásokkal képzett bevonatokat vagy csak beltéri igénybevételnél (pl. galvanizálás), vagy külső téren, de akkor kiegészítő védelemmel (pl. festék, vagy műanyag bevonattal ellátva) javasolt használni.

A tűzhorganyzás olyan technológiát jelent, amikor a fémtiszta felületű vas/acél munkadarabot megfelelő tisztaságú és hőmérsékletű horganyolvadékba merítik, benntartják, majd kiemelik, és ezek alatt a műveletek alatt a darab felületén kialakul a horganyréteg. Az így létrejött védőbevonat több évtizedre szóló, karbantartásmentes védelmet nyújt az acélszerkezeteknek.

Az elmúlt évtizedek tapasztalataiból kiindulva, legjellemzőbb alkalmazási területei a szabadtérre telepített acélépítmények (épületvázak, tornyok, autópályák acélszerkezetei, mezőgazdasági létesítmények, ipari épületek, stb.), de természetes vizekben és bizonyos feltételekkel mesterséges vízrendszerekben is kitűnően alkalmazható.

A tűzhorganyzás technológia melletti választás érdekében legalább hat fontos okot szükséges felsorolni.

1. Léggöri hatásoknál évtizedekre szóló, karbantartásmentes (általában > 40 év) feletti élettartam
2. Létrehozásának költsége kedvezőbb, mint a legtöbb többrétegű, szakszerűen kivitelezett festékbevonaté
3. A horganyréteget szabályozott (üzemi) körülmények között hozzák létre
4. Rövid technológiai idő (4-10 óra) alatt kialakítják a védőréteget, ami azonnal felhasználható, a szerkezet beépíthető
5. Kiválóak a mechanikai tulajdonságai, jelentősen meghaladják a festékbevonatokat
6. Zártszelvényes acélszerkezet felületét kívül-belül védi a korróziótól

1.2 Festés helyett tűzhorganyzás

A tűzhorganyzás és festés a legtöbb esetben konkurens eljárások. Mindkét módszer alkalmas acélszerkezetek korrózió elleni védelmére, ám napjainkban a hosszú távú gondolkodás egyre inkább meghatározóvá válik, amely segítséget jelent környezetünk megóvásában is. Világunkra a még ma is jellemző egyre rövidebb termék életciklusok helyett, talán már az erőforrásokat hatékonyabban felhasználó megoldások irányába mozdul el a közgondolkodás.

A tűzhorgany bevonat alkalmazásának számos olyan előnye van, amely az eddigieknél jóval nagyobb teret nyit a technológiának, ezeket a 1. táblázat mutatja be.

A bevonat jellemző tulajdonságai	Tűzhorgany (EN ISO 1461)	Festék
Tapadás a fémalaphoz	kohéziós (12 - 37 N/mm ²)	adhéziós (ált.<5 N/mm ²)
Ütésállóság	5 - 10 x	x
Kopásállóság	5 - 10 x	x
Védelem az éleken	biztonságosan vastag bevonat	vékonyabb bevonat, mint a síkokon
Korrózióállóság (léggöri hatásoknál)	> 40 év	12-20 év
Katódos védelem	kiváló	csak speciális esetben van
Szín	egyszínű (ezüstös, szürke)	változatos
Simaság	simától érdeesebbig	sima
Hőállóság	tartósan 200 °C-ig	korrózióvédelmi célú festésnél nincs

1. táblázat: Tűzhorganyzás és festés műszaki-technikai összehasonlítása

Külön érdekessége a horganyrétegnek az ún. katódos védelmi képessége, mely a bevonat kisebb sérülésekor (megkarcolásakor, vékonyabb vágási felületeken) védelmet nyújt az alapfémnek, nincs bevonat alatti alározsdásodás, mint a festékbevonatok esetében.

1.3 A tűzhorganyzás gazdaságossága

A technológia – léggöri hatásoknál - hosszútávra szóló (általában > 40 év) karbantartásmentes védelmet biztosít az acélszerkezeteknek. Már az első bevonat kialakításának költségei is jóval kisebbek, mint egy jó minőségben felhordott 3-rétegű festésé, ugyanakkor élettartama annak

legalább a kétszerese. A tűzhorganyzás és festés alkalmazásának kritériumait összehasonlítva további jelentős előnyök mutatkoznak a tűzhorganyzás javára (2. táblázat).

Jellemző		Tűzhorganyzás	Festés
Korrózió elleni védelem felhordása		kívül-belül	csak kívül
Konstrukciós követelmény		tűzhorganyzáshoz alkalmas kialakítás	festéshez alkalmas kialakítás
Az acélszerkezet bevonása	Üzemi körülmények között	igen, független az időjárástól	igen, független az időjárástól
	Építkezési helyen	nem	igen, de függ az időjárástól
	Munkafolyamat	összetett	összetett
	Átfutási idő	5-10 óra	1-2 nap
Gazdaságosság	Védelmi időtartam*	50 év	20 év
	A bevonat létrehozásának költsége (€/m ²) kb.:	12	17
	1. karbantartás költsége (€/m ²), 20 év után kb.:	nincs	22
	2. karbantartás költsége (€/m ²), 40 év után kb.:	nincs	22
	Éves karbantartási költség (€/m ² /év) kb.:	0,24	1,22
*C3 korróziós kategóriát és a hosszú távú korróziós rátákat figyelembe véve (EN ISO 9223:2012 és EN ISO 9224:2012)			

2. táblázat: Az első védelem követelményeinek összehasonlítása (tűzhorganyzás és festés)

2. A tűzhorganyzás elmélete, a bevonat kialakulása, alkalmazási területek és technológia

A tűzhorgany bevonatok elsődleges rendeltetése korrózió elleni védelem, tehát az eljárás minden olyan területen alkalmazható, ahol ezt a horgany (a cink) korróziós tulajdonságai lehetővé teszik. Elsődleges alkalmazási területe a légköri igénybevételnek kitett acélszerkezetek, de számos esetben víz alatti, vagy talajkorróziós viszonyok között, valamint vegyi anyagok esetében is szóba kerülhet (lásd: a 6. fejezet).

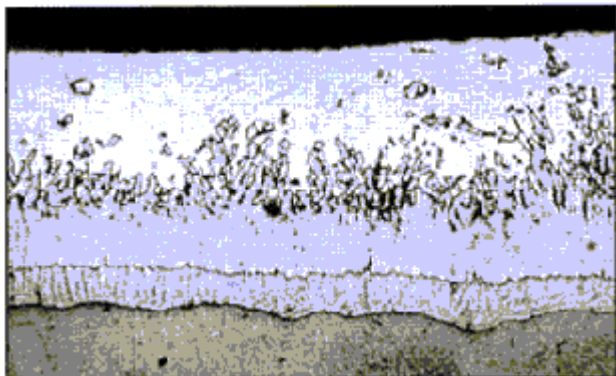
2.1 A bevonat kialakulása és az acél alapanyag helyes megválasztása

A képződő tűzhorgany bevonat tulajdonságai és a bevonandó acélszerkezet anyagának kémiai összetétele között szoros összefüggés van.

2.1.1 A fémréteg kialakulása

Az acélszerkezet horganyolvadékba merülésének pillanatában egy kétirányú reakció (termodiffúzió) alakul ki a vask felület és a megolvasztott bevonó fém (horganyolvadék) között. A cink-atomok a vask felület, míg a vas-atomok az horganyfürdő irányába vándorolnak. A bonyolult folyamatok eredményeként a szilárd és folyékony fázis határán nagyon kemény fémvegyületekből álló réteg alakul ki, melyre az olvadékból történő kiemeléskor még egy tiszta horganyfilm is ráakódik. Az ezt követő hűlés (hűtés) alatt a bevonatban még „után-ötvöződés” történik, majd lehűlés befejeződésével már felhasználásra kész a bevonat. A fémréteg szerkezete nem homogén, hanem egymáshoz metallurgikailag kötődő, különböző

fémfázisokból áll, melyet a tiszta horganyréteg fed be. Egy ilyen fémréteg mikroszkópos felvételét mutatja az 1. kép.



1. kép: Egy tűzhorgany bevonat szerkezete (EN ISO 1461)

Ezek együttese alkotja a horganybevonatot, mely kohéziós (kémiai) kapcsolattal kötődik a vas alaphoz. A legfelső tiszta horganyfázis puhább és jól védi az alatta levő keményebb réteget. Vastagságát – egyebek mellett - befolyásolja az acélszerkezet anyagának kémiai összetétele. Attól függően, hogy a vas egyes kémiai elemeket (elsősorban szilíciumot és foszfort) milyen mennyiségben tartalmaz, más-más jellegű lesz a rétegvastagságot alapvetően meghatározó termodiffúzió sebessége.

2.1.2 A gyakorlatban használatos acélminőségek

Kiadványunk 3. táblázatában mutatjuk be az acélok szilícium (Si) és foszfor (P) tartalmának a horganybevonat minőségére gyakorolt hatását. Az adatok évtizedek gyakorlati tapasztalatait mutatják.

Kategória	Alkalmazás	A reaktív elemek tipikus mennyisége	További információk	A képződő bevonat tipikus tulajdonságai
A	JAVASOLT	$\text{Si} \leq 0,03\%$ és $\text{P} < 0,02\%$	Lásd: 1. megjegyzést.	Fényes, ezüstös bevonat finom kristályszerkezettel A bevonat kívül tiszta horganyfázisból áll
B	JAVASOLT	$0,14\% \dots 0,25\% \text{ Si}$	A Fe-Zn ötvözetfázis egészen a felszínig nőhet. Növekvő Si-tartalommal nő a bevonat vastagsága. Más kémiai elemek is befolyásolhatják az acél reaktivitását. Különösen a foszfor (P) $0,035\%$ felett vezethet erősebb reaktiváshoz	
C	NEM KEDVEZŐ	$> 0,03\% \dots \leq 0,14\% \text{ Si}$	Nagyon vastag horganybevonatok képződhetnek	Sötétebb, durva szemcsés szerkezettel rendelkező bevonatok A bevonat

D	NEM KEDVEZŐ	Si > 0,25%	Növekvő szilícium-tartalommal nő a bevonat vastagsága	szerkezetében a Fe-Zn ötvözetű fázisok dominálnak, gyakran a réteg felszínéig terjednek. Az ilyen típusú rétegek mechanikai ellenálló képessége rosszabb
1. megjegyzés: A kapott értékek megfelelnek a már ismert $Si+2,5xP \leq 0,09\%$ összefüggésnek. Hidegen hengerelt acélok esetében abból lehet kiindulni, hogy ezeknek a tulajdonságoknak akkor felel meg a bevonat, ha az acélösszetételre teljesül a $Si+2,5P \leq 0,04\%$ összefüggés. 2. megjegyzés: A horganyfürdőben előforduló ötvözőelemeknek (pl. nikkelnak) szignifikáns hatása lehet a táblázatban bemutatott horganyréteg tulajdonságokra. A táblázatban szereplő adatok nem vonatkoznak az ún. magas hőmérsékletű tűzhorganyzással kialakított horganyrétegekre (pl. olvadáshőmérséklet 530 °C – 560 °C között van). 3. megjegyzés: A táblázatban megadott adatok változhatnak, mennyiben a technológiát befolyásoló más tényezők is fellépnek, így az egyes kategóriák határértékei is módosulhatnak.				

3. táblázat: Acélminőségek és várható bevonataik tűzhorganyzásnál

Erősen ötvözött acélok kivételével a legtöbb acél tűzhorganyozható (kialakul rajta a bevonat), a képződő fémrétegek tulajdonságai azonban jelentősen is eltérhetnek egymástól. Kedvezőtlen esetben (reaktív acéloknál) nagyon intenzív lesz a termodiffúziós folyamat és vastag, teljes keresztmetszetükben vas-horgany fázisokból álló, általában matt-szürke, vagy foltos fémbevonat alakul ki (3. táblázat, C és D típus). Az ilyen védőréteg korrózióállósága megegyezik a tiszta horganyéval, de túl nagy vastagsága nem indokolt, így kevésbé gazdaságos és kevésbé esztétikus. A fémréteg szükséges legkisebb vastagságának meghatározása (lásd: 8. fejezet) korróziós kérdés, de a legtöbb esetben az EN ISO 1461 szabványban meghatározott minimális értékek megfelelnek a korróziós követelményeknek, így elegendő csupán a szabványra hivatkozni. A tűzhorganyzáshoz ajánlott, optimális acélminőségek gazdaságosabb és esztétikusabb horganyrétegek kialakulását eredményezik (3. táblázat, A és B típus).

2.1.3 A szabványosnál vastagabb bevonatok szükségessége

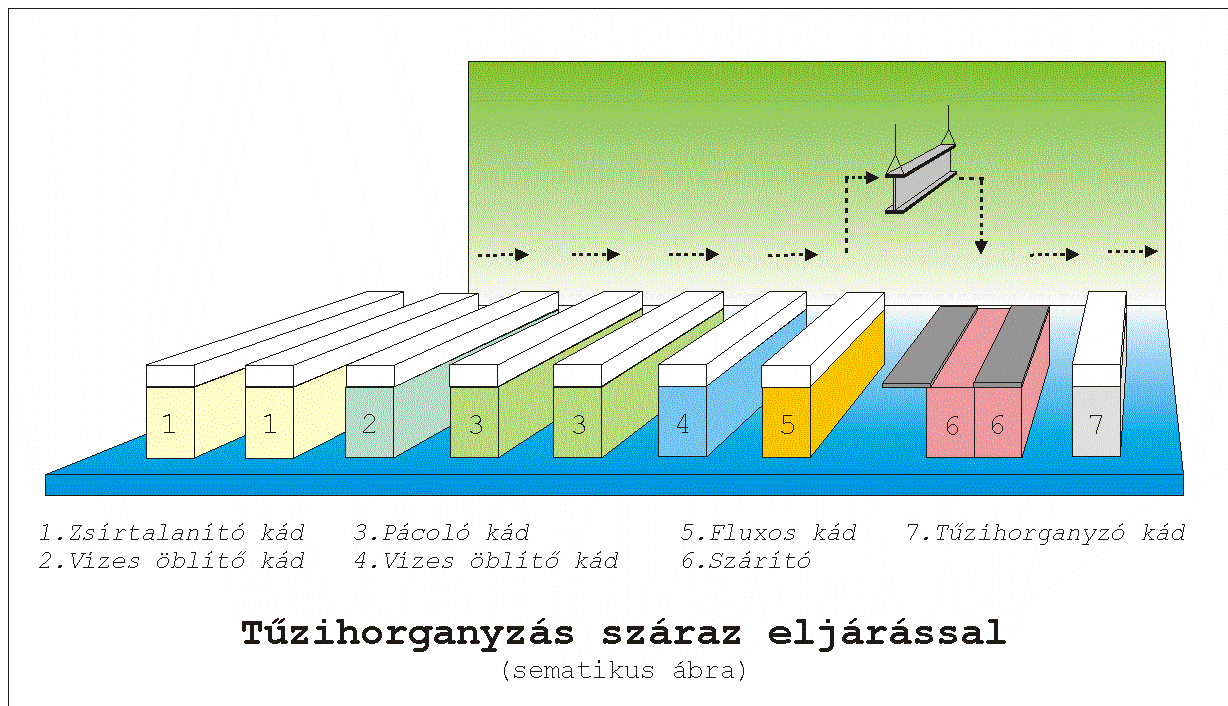
Az MSZ EN ISO 1461 szabványban szereplő minimális vastagsági értékek (4.1.2) nagysága összhangban van az ISO 9223 és ISO 9224 szabványokban meghatározott korróziós elvekkel. Ez azt jelenti, hogy a horganybevonatok több évtizedes élettartama különösebb intézkedés nélkül is elérhető (C1, C2, C3), azaz a szabvány szerinti minimális rétegvastagságok is elegendőek. Egyes esetekben azonban előfordulhat, hogy az acélszerkezetre a szabványban szereplő értékeknél nagyobbakat írhat elő a tervező. Ilyen esetek:

- Az adott korróziós kategóriában nagyon hosszú élettartam szükséges
- Erősebb korróziós hatásokra (C4) tervezik a horganybevonatot

Ilyenkor a leghatásosabb megoldás az, ha az acélszerkezet anyagának összetételét úgy választják meg, hogy az önmagában is elegendő lesz a vastagabb bevonatok eléréséhez (pl. Si (%): 0,14-0,25%). Ilyenkor ugyanis a horganyolvadékban „automatikusan” vastagabb rétegek képződnek a termék felületén.

2.2 A technológia

A tűzihorganyzás olyan felületbevonó eljárás, melynek során a kezelendő munkadarabokat különféle folyadékokba merítik (2. kép).



2. kép: A tűzihorganyzás technológiai modellje (száraz eljárás)

Ahhoz, hogy a megfelelő horganyréteg kialakuljon, a munkadarabok teljes felületét kémiai-fizikai módszerekkel meg kell tisztítani. Az acélalapanyagok felszínén a légkör korróziós hatásai következtében korróziós maradványok (reve, rozsda) alakulnak ki, ezen felül a raktározási és acélszerkezet gyártási folyamatok során további szennyeződések kerülhetnek a vasszámra. Olyanok, mint kenőolajok, zsírok, emulzió maradványok, stb. Ezek eltávolítása leginkább savas zsírtalanítással és vízzel hígított savban (általában sósavban) történik, az egyes kezelő fázisok között a termékeket vízzel leöblítik. A már fémtiszta felületű munkadarabokat folyatószer (flux) vizes oldatába merítik, majd szárítás és a fémoldadékba merítés következik. A horganybevonat a kb. 450°C-os hőmérsékletű fémfürdőben alakul ki, ezt követően a termékeket szabad levegőn, vagy hűtővízben lehűtik. Vannak olyan üzemek, ahol a hűtést követően passziválást alkalmaznak, de ez nem szükségszerű technológiai lépés. Az egyes üzemek technológiai rendszerétől függően a felrakástól a leszedésig számítva 4-10 óra telik el, ezt követően az acélszerkezetek a rövid idejű kikészítés után azonnal felhasználhatók, ami a tűzihorganyzásnak a festéssel szemben további nagy előnye.

2.2.1 Tűzihorganyzás centrifugálás módszerrel

Tűzihorganyzott acélszerkezetek összeszereléséhez tűzihorganyzott kötőelemekre van szükség. Ezt az indokolja, hogy az elektrolitban történő galvanizáláskor a kötőelemek felületére csupán vékony, legtöbbször 5-10 µm vastag védőbevonatot visznek fel, ami nem

nyújt elegendő ideig védelmet a kültéri korróziós hatásokkal szemben. Annak érdekében, hogy a szükséges rétegvastagságot elérjék, az acélszerkezeti horganyzásnak megfelelő technológiát kiegészítik egy centrifuga berendezéssel. A kiegészítő berendezés alkalmazásának lényege, hogy a fémolvadékból kiemelt, egy perforált dobban levő apró alkatrészek felületén levő többlet horganyt a nagyfordulatszámú forgómozgás segítségével eltávolítják. Apró termékek, például kötőelemek, csatlakozóelemek, fittingek, stb. jó minőségben történő bevonása darabáru tűzhorganyzással csak ilyen speciális eljárással lehetséges (3.6.13).

2.3 A horganyréteg jellemző tulajdonságai

Az acélszerkezet felületén kialakuló fémréteg külleme, szerkezete, mechanikai tulajdonságai elsősorban az acélminőség, az anyagvastagság és a horganyzási technológia függvényében változhatnak. Képződésénél a kialakuló vas-horgany ötvözetű rétegre rakódik rá kiemeléskor egy jóval lágyabb horganyfilm. Tűzhorganyzás szempontjából nem optimális acélminőségek felületén általában szürke és a szükségesnél vastagabb, míg a kedvező szilícium és foszfor tartalmú acélokon fényes, ezüstösen csillogó, szükséges vastagságú fémbevonat alakul ki, melyek általában szabad szemmel is jól megkülönböztethetők egymástól.

A matt-szürke és túlzottan vastag horganybevonatokkal ellátott termékek kevésbé piacképesek, a megrendelők sok esetben kifogást emelnek az ilyen termékekkel szemben.

2.4 Általános alkalmazási lehetőségek

A tűzhorganyzás széles körben elterjedt technológia, a gazdasági élet szinte minden területén felhasználják, ezekről a 4. táblázat nyújt információkat. Bizonytalan esetekben javasoljuk megfelelő szakember tanácsát kikérni.

Környezeti igénybevétel	Jellemző
Légköri hatások	C1...CX korróziós kategóriák (ISO 9223:2012)
Víz alatti igénybevétel*	Víz jellemzőitől függően, 50-60 °C alatt
Talajban*	Mész-tartalmú, klorid-mentes talajoknál előnyös
Betonban*	Feltételek mellett kiváló védelmet nyújt
Hőigénybevétel	Tartósan: 200 °C alatt
Kémikáliáknál*	5,5...12,5 pH között
Faanyagokhoz kapcsolva	Alkalmas, de magas savtartalmú fánál kismértékű korrózióval kell számolni

*Szakemberrel kell egyeztetni a megfelelőséget.

4. táblázat: Tűzhorganyzás főbb alkalmazási területei a gyakorlatban

A tűzhorganyzott acél más fémekhez kapcsolva a két fém anyagi minőségétől, felületeik arányától és a fémpárt körülvevő közeg jellemzőitől függően alkalmazható. Erősebb károsodásnál (kontakt-korrózió) a két fém egymástól történő elszigetelése (pl. festés, műanyag réteg) javasolt.

3. Konstrukciós irányelvek, gyártás és termékkezelés

A tűzhorganyzásnak megfelelő termékkialakítás elvei egyszerűek és közérthetők. Speciális esetekben már a tervezési fázisban célszerű felvenni a kapcsolatot a kiválasztott üzemmel. Ez indokolt lehet például kísérleti, vagy első sorozatú, esetleg egyedi termékeknel. Ilyenkor az alábbi adatoknak, információknak a tisztázását és átadását javasoljuk, a *dőlt betűvel* szedett szempontokat a tűzhorganyzóval kötött írásos megállapodásban kell rögzíteni.

- *Termékminőségre vonatkozó szabvány száma, speciális előírások*
- *Az acélszerkezet felhasználási, vagy valamilyen más szempontból lényeges felületei, ezek nagysága, elhelyezkedése*
- *Tervezett acélminőségek*
- *Legnagyobb befoglaló méretek*
- *Maximális darabonkénti tömeg*
- *Szükséges technológiai nyílások helyei és méretei*
- Az acélszerkezet gyártása során alkalmazásra kerülő darabolási eljárások
- Az acélszerkezet gyártása során alkalmazott hőkezelési eljárások
- Szükséges termék felfüggesztési pontok
- Alkalmazandó hegesztési módszer
- *A horganyzásra kerülő acélszerkezet felületi minősége*
- *Bevonás utáni utómegmunkálás, utókezelés, festés*
- *A már tűzhorganyzott termékek csomagolása és tárolása*
- *A késztermékek minőségi átvétele*
- Kapcsoló és kötőelemek

Feszültségek az acélszerkezetekben

Tűzhorganyzott acélszerkezeteknél két fő feszültségforrással kell számolni. Ezek:

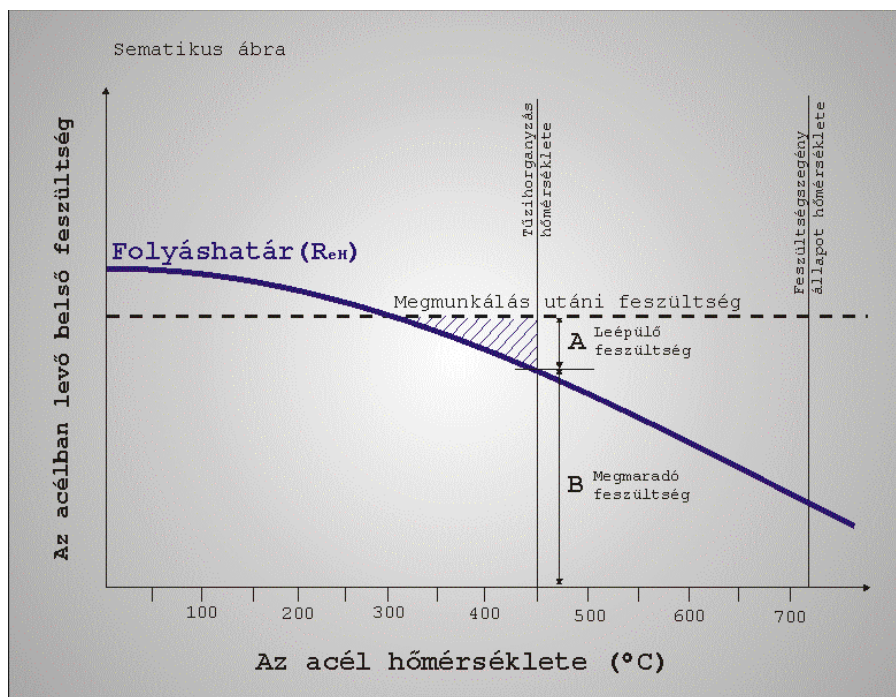
- Az acélszerkezet gyártásából származó feszültségek.
- A horganyzási folyamat alatt keletkező feszültségek.

Az acélszerkezetek gyártásánál alkalmazott legtöbb megmunkálási eljárásnál kisebb-nagyobb, ún. gyártási feszültségek (rugalmas feszültségek) maradnak vissza az acélszerkezetek anyagában. Ezek mértéke iránya függ az alakítás technológiától. Kitüntetett szerepe van a termikus megmunkálásoknak (pl. hegesztés, darabolás), illetve a hidegalakítási technikáknak, melyek jelentős mértékben hozzájárulnak a belső feszültségek kialakulásához.

A tűzhorganyzás kb. 450°C-os hőmérsékletén - a hő okozta alakváltozás (kb. 5 mm/m) következtében – szintén feszültségek ébredhetnek az acélszerkezet anyagában. A már a horganyolvadékban levő részek és a még szabad levegőn levők között a méretváltozás miatt anyagszerkezeti feszültségek keletkeznek, ugyanez a jelenség játszódik le a fémolvadékból

történő kiemeléskor is. Az ezekből származó kockázatok minimalizálásáról a könyv további részében (lásd: 3.4 fejezet) található információk.

Alapvető célunk legyen valamennyi keletkező feszültség nagyságának a csökkentése, illetve kedvező irányba történő befolyásolása, ugyanis extrém méretű belső feszültségek esetén nagyságuk elérheti az acélalapanyag helyi folyáshatárát, ekkor az érintett helyen kialakult feszültségcsúcsok ugyan leépülnek, de káros mértékű, maradandó deformációk jöhetnek létre (3. kép).



3. kép: Belső feszültségek leépülése a tűzhorganyzási folyamat alatt

A gyártási feszültségek nagysága befolyásolja az acélszerkezet felhasználhatóságát, ezért szabályozása kiemelt feladata a tervezőknek, gyártóknak és tűzhorganyzóknak egyaránt. Szempontok a gyártási feszültségek (sajátfeszültségek) csökkentése érdekében:

- Minimális maradó feszültséggel történő acélszerkezet gyártás
- Rések, bevágások lehetőség szerinti elkerülése a gyártás során
- Hegesztési terv szerinti gyártás
- A lehető legkisebb varraterősségeket és varrathosszakat kell alkalmazni
- Hidegalakításokat, helyi felkeményedést okozó megmunkálásokat el kell kerülni

3.1 A szabványszám megadása

A horganybevonatoknak a felhasználás szempontjából meghatározó jellemzőinek rögzítése az egyik legfontosabb, kötelező feladata a bevonó üzemmel történő megállapodásnak. Célszerű a hatályos MSZ EN ISO 1461 szabvány előírásaiban megállapodni a tűzhorganyzó üzemmel.

Természetesen lehetnek olyan esetek, amikor ettől el kell térni (pl.: a szabványosnál vastagabb horganyrétegek követelménye).

3.2 A lényeges felület kijelölése

A tűzhorganyzás elsődleges feladata a korrózió elleni védelem. A technológiai biztosítja azt, hogy a csőszerű alapanyagokból gyártott acélszerkezetek teljes felületén kialakuljon a megfelelő minőségű védőbevonat. Néhány esetben azonban szükség lehet a szerkezet felhasználási céljai miatt megkülönböztetni bizonyos részeket. Ilyen lehet például:

- Egyásra fekvő, szorosan kapcsolódó, illesztett felületek (pl. csavaros kötések)
- Emberi kézzel érintkező részek (pl. korlátok)
- Esztétikai szempontból hangsúlyos felületek

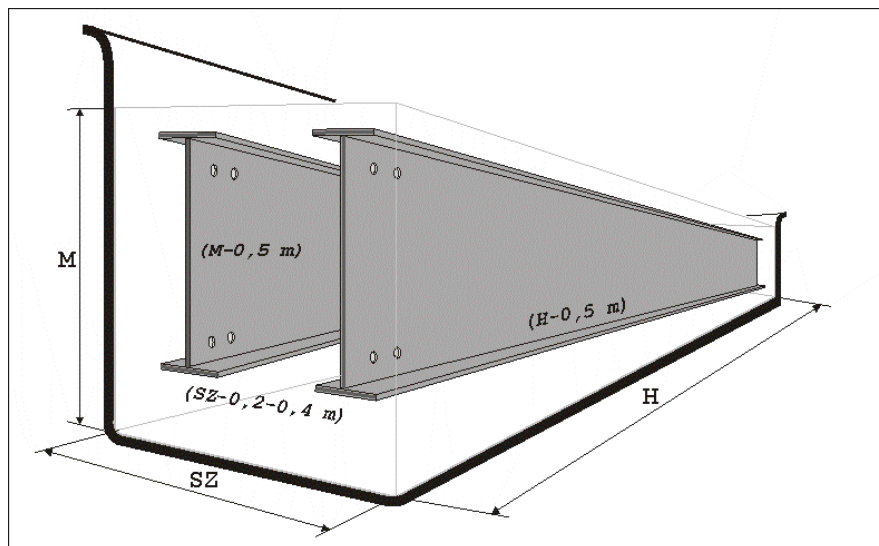
Az ilyen részekre előírt követelményeket – az utólagos nézeteltérések megelőzése érdekében - célszerű egyeztetni a tűzhorganyzó üzemmel.

3.3 Optimális acélminőségek kiválasztása

Az acélszerkezettel szemben támasztott szilárdsági követelményeknek megfelelő minőséget könnyen össze lehet egyeztetni a tűzhorganyzás szempontjából kedvező acélösszetétel igényével. Ezek megfelelő összehangolásával jelentősen lehet javítani a termék gazdaságosságát (költségek csökkenése) és még esztétikusabb lesz a szerkezetek megjelenése. A témával részletesen könyvünk 2.1 fejezete foglalkozik.

3.4 Befoglaló méretek, tömeg meghatározása

A darabok befoglaló méretei ne haladják meg a kiválasztott üzemben rendelkezésre álló kezelőkádak technológiai lehetőségeit. Már az acélszerkezet tervezésekor rendelkezni kell az erre vonatkozó információkkal. A káros alakváltozások elkerülése érdekében fontos, hogy még a legnagyobb befoglaló mérettel rendelkező elemeket is egy lépésben (egyszeri merítéssel) lehessen tűzhorganyozni. Itt javasoljuk figyelembe venni, hogy a még be nem merített szerkezet rész és a már 450 °C hőmérsékletű fémolvadékban levő rész közötti – a hőtágulásból adódó - méretkülönbségek miatt jelentős anyagszerkezeti feszültségek ébredhetnek az acélszerkezetben, melyek torzulásokhoz, sőt repedésekhez is vezethetnek. A káros hatások megelőzése érdekében javasoljuk betartani az erre vonatkozó tapasztalati előírásokat (4. kép).



4. kép: Ajánlott befoglaló méretek meghatározása

Több tűzhorganyzó rendelkezik a kétszeri merítés (kétoldali horganyzás) lehetőségével, ám ilyenkor a megrendelőnek számolni kell esetleges káros alakváltozásokkal és eltérő tulajdonságokkal rendelkező bevonatokkal.

Már az acélszerkezetek tervezési szakaszában tisztázni kell a bevonó üzemben telepített emelő berendezések névleges teherbírását. Ma Magyarországon legalább 5-10 tonna/darab teherbírással rendelkező eszközök állnak rendelkezésre, melyek kielégítik a tervezői igényeket.

3.5 Mérettűrések

A képződő réteg vastagságát alapvetően az acélminőség (2.1 fejezet) és a termék falvastagsága határozzák meg. Az egymással összefekvő, vagy illesztett felületek esetében számítani kell a képződő horganyréteg vastagságával, amely miatt a felületek között legalább 1 mm-es vastagságnövekedés figyelembevételét javasoljuk. Ugyanez igaz csavarok számára elkészített furatokra is. Ezért az EN ISO 1461 szabványban szereplő „lényeges felületek” megadásánál a mérettűréseket javasolt külön megadni.

Szabványos fémolvadékban bevont kötőelemek bevonataira az ISO 10684 szabvány vonatkozik. Ettől eltérő csavarok tűzhorganyzásáról külön meg kell állapodni és figyelembe vehetők a mindenkor EN ISO 1461 szabvány centrifugált darabokra vonatkozó előírásai.

3.6 Tűzhorganyzáshoz ajánlott szerkezeti kialakítások

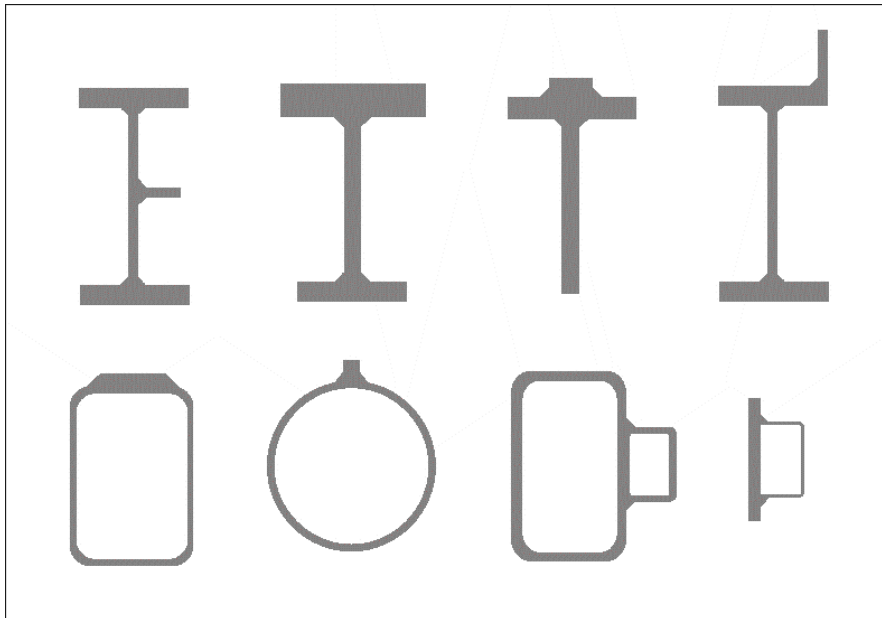
A készülő acélszerkezet alapanyag minősége mellett, kialakítása (vastagságok, konstrukció, technológiai nyílások, stb.) is komoly hatással van a horganybevonat jellemzőire, ezért fontos a következő főszabályok betartása.

3.6.1 Acél alapanyag vastagságának helyes megválasztása

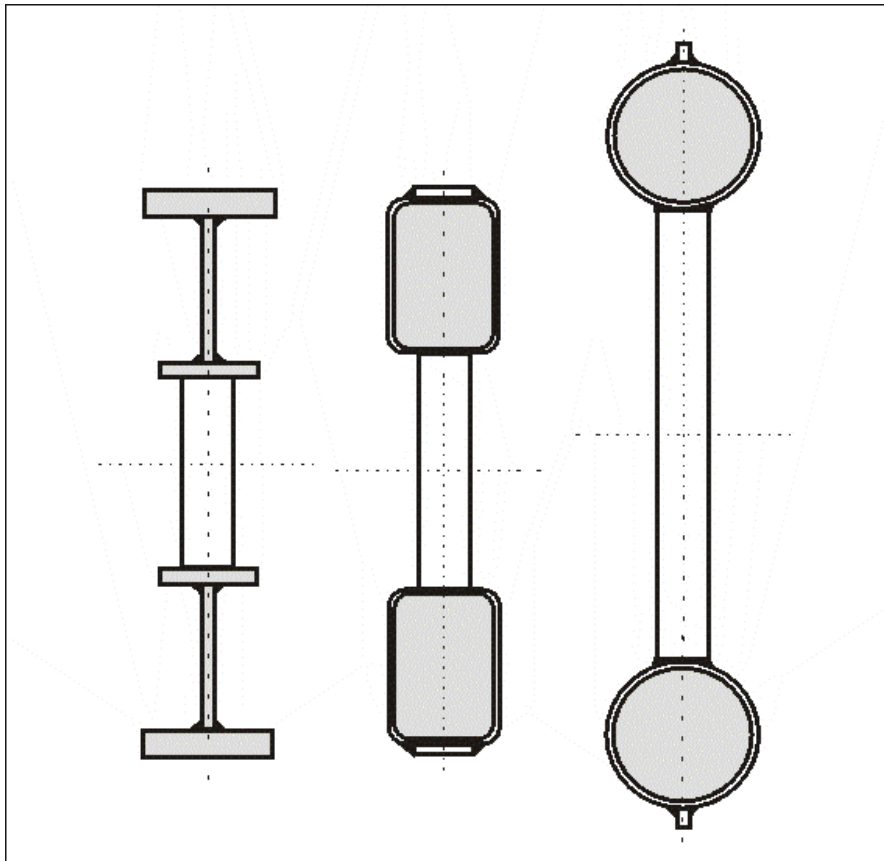
A horganyzandó acélszerkezet anyagvastagságának növekedésével arányosan növekszik a horganyfürdőben végzett műveletek időtartama. Ez abban nyilvánul meg, hogy a lassúbb bemelegítés mellett, akár 2-szeres is lehet az olvadékból tartás idejének a hossza. Mint tudjuk, a tűzhorganyzás időtartama növekedésével növekszik a kialakuló réteg vastagsága, mely túlzottan vastag bevonatok kialakulásához is vezethet. A nagyon vastag bevonatok nemcsak drágábbak, hanem romlanak a mechanikai tulajdonságaik, sőt korrózióvédelem szempontjából is indokolatlanul túlméretezettek lehetnek, melynek többlet költségeit a piac legtöbbször nem ismeri el. Összetett szerkezeteknél törekedni kell arra, hogy az anyagvastagságok lehetőleg azonosak legyenek, vagy vastagsági arányaik minél kisebb legyenek (legfeljebb 2,5-szörös különbség). Minél vastagabb lemezekből, szelvényekből áll egy acélszerkezet, a különbségek aránya egyre kisebb legyen.

3.6.2 Optimális termék keresztmetszet választás

A korábban ismertetett okok miatt szimmetrikus rúd keresztmetszetek esetében a legcsekélyebb a káros deformációk veszélye. Aszimmetrikus profilok alkalmazásánál – különösen egyoldali hegesztéseknél – nagy a deformáció kockázata (5. kép). A legkedvezőbb a keresztmetszet súlypontjára szimmetrikus szelvény megválasztása, de megfelelő a két egymásra merőleges súlyponti tengelyre szimmetrikus tartóprofilok kialakítása is (6. kép), és ezzel párhuzamosan a szimmetrikus varratelrendezés meghatározása és kivitelezése.



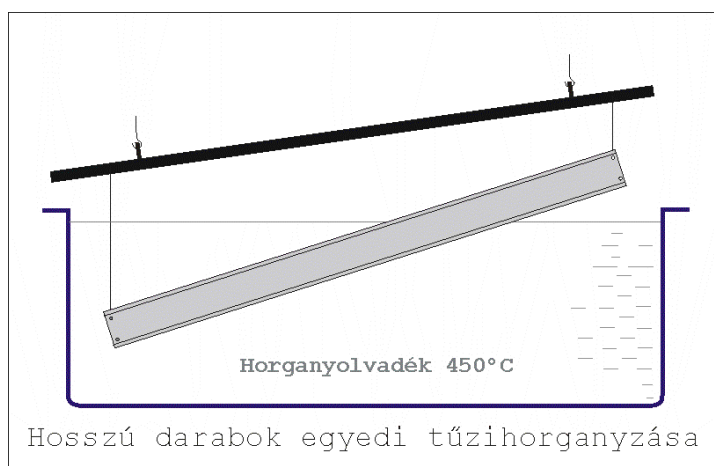
5. kép: Nem ajánlott rúd keresztmetszetek



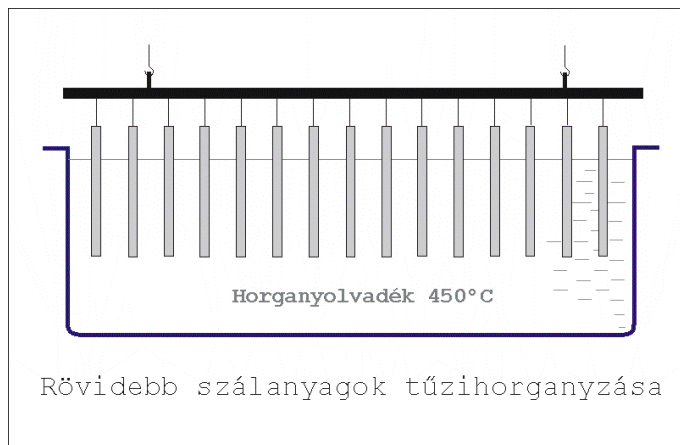
6. kép: Optimális tartókeresztmetszetek

3.6.3 Technológiai nyílások helyes kialakítása

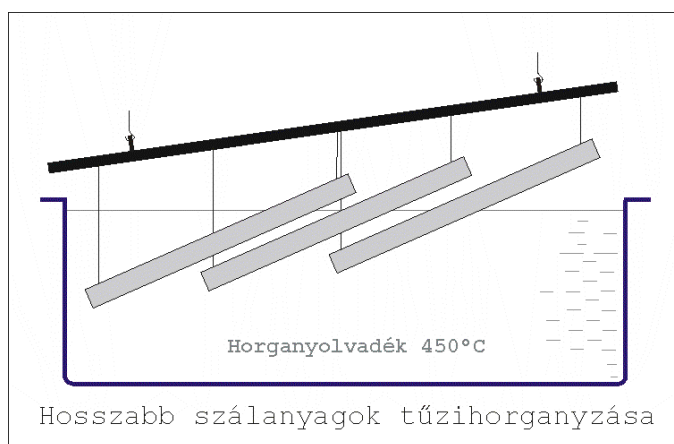
Ahhoz, hogy a technológiai nyílások helyes pozícióit meg lehessen határozni, tisztában kell lenni az adott termék várható felkötési pozíciójával. Egy tűzihorganyzó üzemben szokásos felrögzítési lehetőségeket a 7 – 10. képek mutatják.



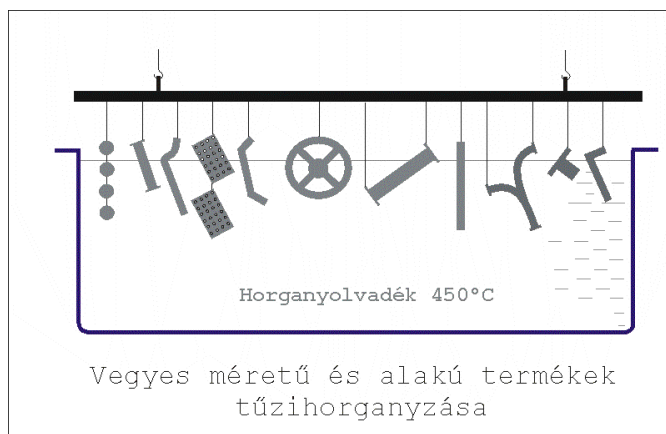
7. kép: Bemerítés egyedi daraboknál



8. kép: Függőleges helyzetben felkötött termékek horganyzása



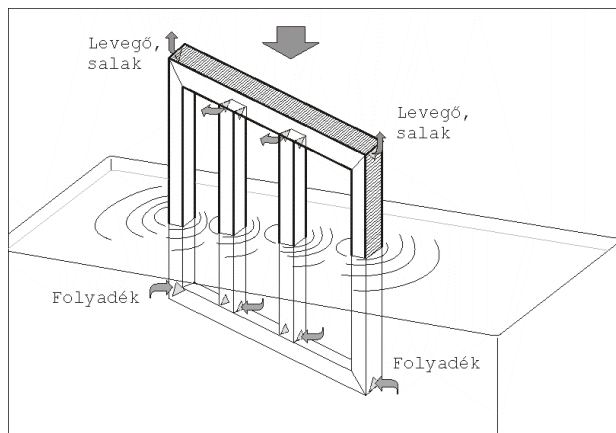
9. kép: Hegyesszögű felkötés és horganyzás



10. kép: Változó kivitelű termékek tűzhorganyzási pozíciói

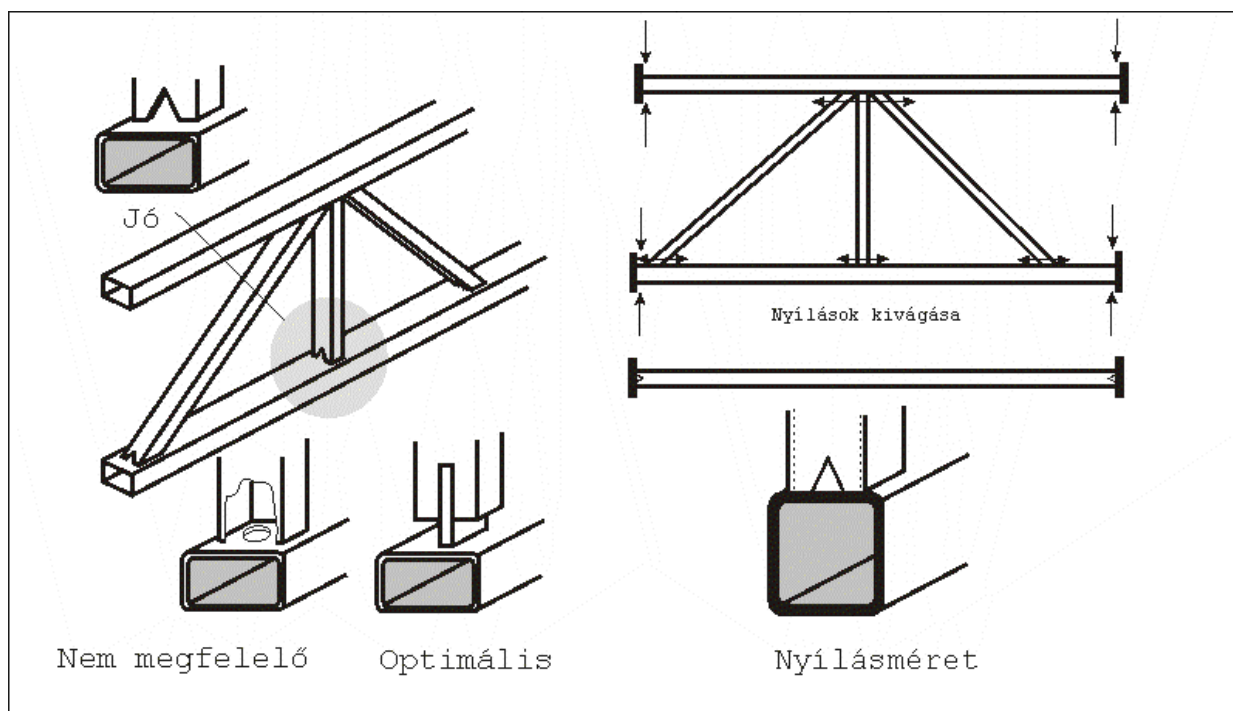
Azért, hogy a vaskülső felületen ki tudjon alakulni a horganybevonat, az acélszerkezet felületének fémtisztának kell lenni. Ez még nagyobb gondosságot igényel a zárt szelvényekből készített darabok esetében, ahol a termék belső és külső felületét teljes egészében kezelni kell. Horganyfürdőbe merítéskor a cél, hogy a folyékony horgany minél előbb eljusson a zárt terekbe, azokat teljesen kitöltse, illetve onnan a levegő, a salakok a lehető leggyorsabban el tudjanak távozni. A horganyolvadékból történő kiemelésnél pedig a horgany maradéktalanul

ki tudjon folyni a szerkezetből. De ugyanez igaz valamennyi előkezelő folyadékra is. Sem légsákok, sem pedig vízszetek nem képződhetnek az acélszerkezeten, mert minőségi problémákhoz, sőt balesetveszélyhez vezet. A bemeztés elvét 11. képen mutatjuk be.



11. kép: Bemeztés elvi sémája

A technológiai nyílások elhelyezése, darabszáma és méretei meghatározzák a horganybevonat minőségét, gazdaságosságát. Egy zárt szelvényekből összeállított konstrukció javasolt kialakításai a 12. képen láthatók. Fontos minőségi szempont, hogy a technológiai nyílások átmenően legyenek kialakítva, azaz a keretek és a rudak egymással szemben levő oldalait lássák el nyílásokkal, illetve a keretek mind a négy sarka nyitott legyen. A 12. ábrán látható, az ún. rejtett furatozás elvileg ugyan helyes megoldás, de nem ellenőrizhető, így balesetveszélyessége miatt nem javasolt.



12. kép: Zártszelvényes tartók kialakítása

A be-, kifolyó-, valamint kilevegőző nyílások pozíciója mellett nagy jelentősége van a nyílások összes keresztmetszetének, melyek a folyékony fém be-, és kiáramlásának időszükséglete miatt meghatározzák a horganyzási folyamat időtartamát. Mint tudjuk, rövidebb bemerítési időtartamok vékonyabb, gazdaságosabb és általában esztétikusabb horganyrétegek kialakulásához vezetnek. A technológiai nyílások elvárt darabszámát és méreteit az 5. táblázatban mutatja be.

Ajánlott lyukméretek, pozíciók és darabszámok (EN ISO 14713-2)			Lyukak átmérője, darabszáma és lesarkalások méretei, darabszáma a zártszelvények végein										
			1-1 lyuk	1-1 lyuk	2-2 lyuk	2-2 lyuk	4-4 lyuk	4-4 lyuk	2-2 lesarkalás	4-4 lesarkalás	4 min. 15 mm-es lyuk+ 1 centrális lyuk	4 min. 15 mm-es lyuk+ 1 centrális lyuk	4 min. 25 mm-es lesarkalás+ 1 centrális lyuk
Keresztmetszet formája és méretei (mm)													
Köralakú	Négyzetes	Téglalap	Lyukátmérők (mm)						Lesarkalás mérete (mm)		Középső lyuk átmérője (mm)		
15	15		10	10									
20	20	30 x 15	10	10									
30	30	40 x 20	12	12	10	10							
40	40	50 x 30	14	14	12	12			10				
50	50	60 x 40	16	16	12	12	10	10	13				
60	60	80 x 40	20	20	12	12	10	10	15	12			
80	80	100 x 60	25	20	16	16	12	12	20	15			
100	100	120 x 80	30	25	20	20	14	15	25	20			
120	120	160 x 80	35	30	25	25	20	20	30	25			
160	160	200 x 120	45	40	35	30	25	20	40	30	35		
200	200	260 x 140	60	50	40	35	30	25	50	35	50	40	
300	300	350 x 250			60	55	45	40	75	55	80	70	75
400	400	450 x 250			80	75	60	50	100	75	110	100	110
500	500	600 x 300			100	90	75	65	125	90	140	125	135
600	600	700 x 400			120	110	85	75	150	110	170	150	165

5. táblázat: Technológiai nyílások darabszáma és méretei a szelvényméret függvényében

Amennyiben a táblázatban megadottaknál kisebb furatokat, vagy nem elegendő számú nyílást alakítanak ki, számolni kell a termék minőségromlásával (túl vastag bevonat, belső salakosság, horganymegfolyások). Ezért, hogy az acélszerkezeteket a horganyolvadékba megfelelő sebességgel (kb. 1,5-5 m/perc) lehessen bemeríteni és onnan kivenni, legalább az ajánlott méretű és darabszámú nyílásokkal kell ellátni őket. Ugyanakkor azt is biztosítani kell, hogy kezelőszerszámok ne maradjanak a zárt részekben, mert ellenkező esetben a folyadékot nem lehet a megszabott idő alatt kiszárítani és ez negatívan befolyásolja a bemerítési sebességet, így a termékminőséget.

Túl kicsi technológiai nyílások → hosszú bemerítési és kiemelési idő → nagy belső feszültségek

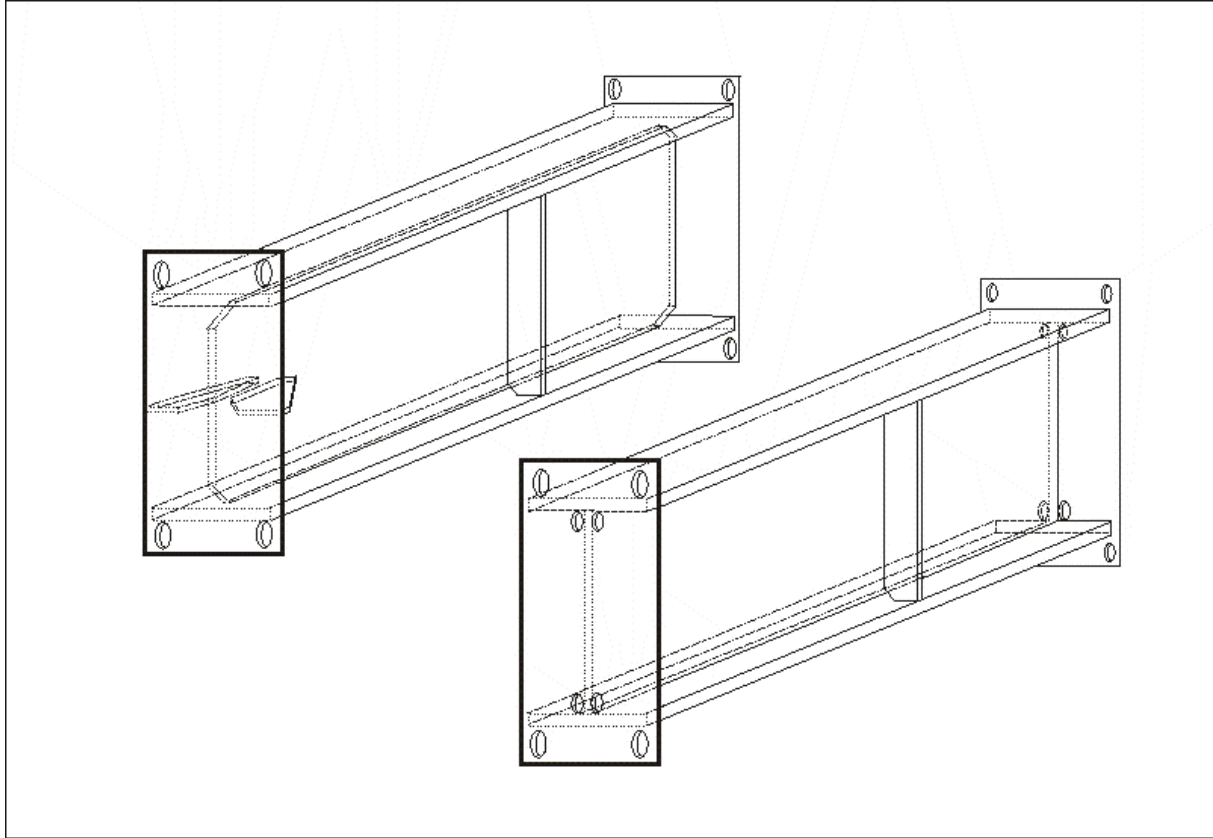
Kellően nagy technológiai nyílások → rövid bemerítési és kiemelési idő → kis belső feszültségek

A zárt szelvényekből készített acélszerkezetekhez hasonlóan megkülönböztetett figyelmet érdemel a tartályok és hőcserélők tűzihorganyzása, melyet majd a következő fejezetekben tárgyalunk.

3.6.4 Gerinclemezes tartók kialakítása

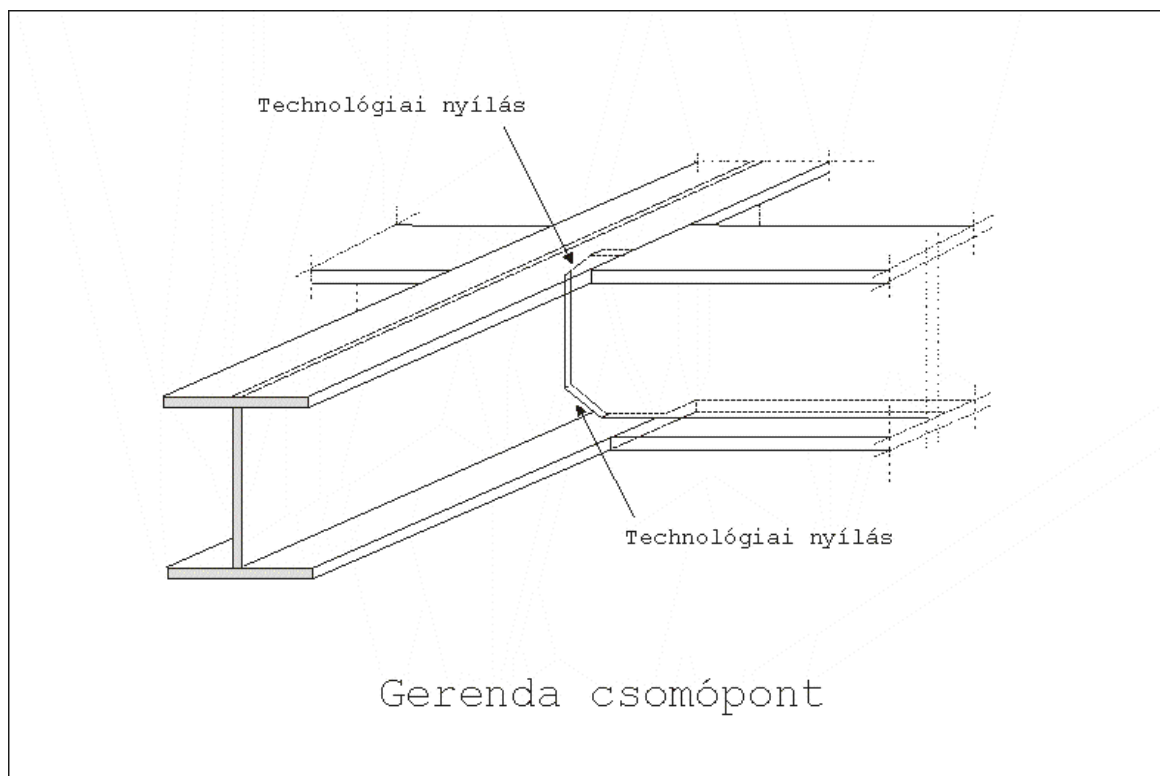
Az ilyen típusú szerkezetekre akár hengerelt szelvényekből, akár lemezek összehegesztésével készülnek, ugyanezek a szabályok érvényesek. Tűzihorganyzásukkor a tartókat

hossztengelyükhöz képest kb. 10-30 °-os szögben merítik a fémolvadékba úgy, hogy gerinclemezüik függőleges helyzetben álljon. A függőlegestől való legkisebb eltérés is légzsákok, vagy vízzsebek kialakulásához vezethet, ezért nemcsak a hossz, hanem a keresztirányú folyadék és levegőáramlást is biztosítani kell (13. kép).



13. kép: Gerinclemezes tartók kialakításai

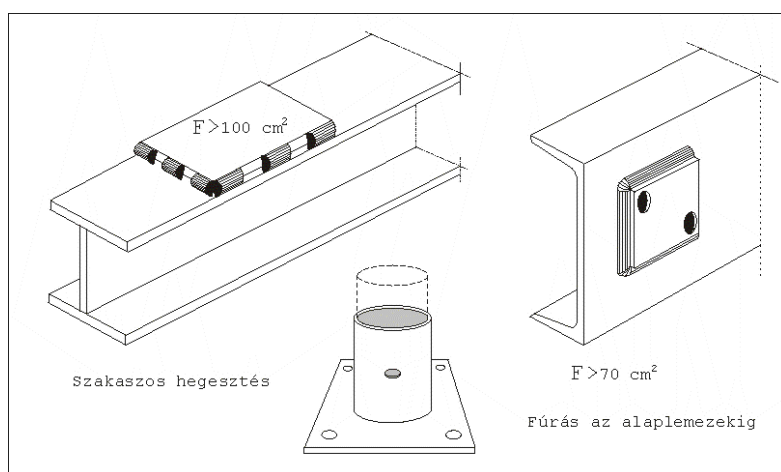
Gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy az acélszerkezetek sarkalásai, nyílásai esetében célszerű betartani a szabályt, miszerint a nyílások átmérője legalább 4-6-szorosa legyen a lemezek vastagságának. Hegesztett gerinclemezes tartók csatlakozási pontjaiban is biztosítani kell a hossz-és keresztirányú átöblíthetőség és levegőkiáramlás lehetőségeit (14. kép).



14. kép: Gerinclemezes tartók csomópontja (példa a kialakításra)

3.6.5 Átlapoló kötések tervezése és kivitelezése

Amennyiben csak korróziós szempontból tekintünk a körbehegesztett átlapolásokkal gyártott acélszerkezetekre, akkor lehetnek megfelelők, amennyiben az érintkező felületek gáz- és víztömören vannak lezárva, azaz a környezet hatásai a felületek között nem érvényesülnek. Mivel a tűzihorganyzás során az így lezárt nagyobb felületek ($> 70 \text{ cm}^2$) komoly kockázati tényezőt jelentenek (szétrobbanás veszélye), ezért a két anyagrészt alaplemezig történő átfúrással, vagy szakaszos hegesztési varratokkal kell összekapcsolni (15. kép).

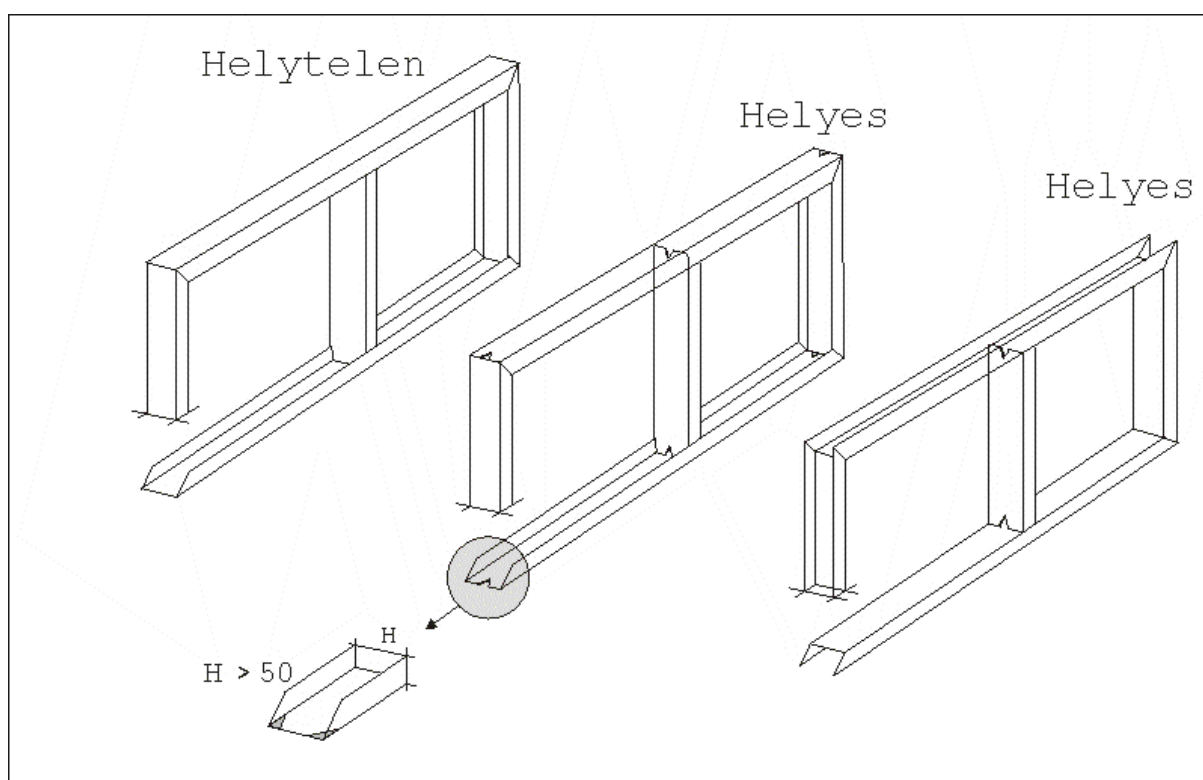


15. kép: Átlapoló felületek ajánlott kialakításai

Megjegyezzük azonban, hogy mind a szakaszos hegesztésnél, mind pedig a részleges átfúrásnál az összefekvő felületek között utólagos korróziós gócok keletkezhetnek, melyek rontják a szerkezet minőségét. Emiatt javasoljuk az ilyen nyílásokat tűzhorganyzást követően semleges kémhatású anyaggal (pl. nagy cinktartalmú pasztával) megfelelő módon eltömíteni.

3.6.6 Nyitott szelvényből készített keretszerkezetek

Az üzemi gyakorlatban sokszor találkozni a különféle L, C, U, stb. nyitott szelvényekből gyártott keretszerkezetekkel. Technológiai nyílásaik elhelyezése szintén a folyadékokba történő bemerítés pozíciójától függ. Legtöbbször a darab hosszú oldala 10-30 °-os szöget zár be a folyadék felszínével. A 16. kép U-szelvényekből gyártott keretek helytelen és helyes kialakításait mutatja.

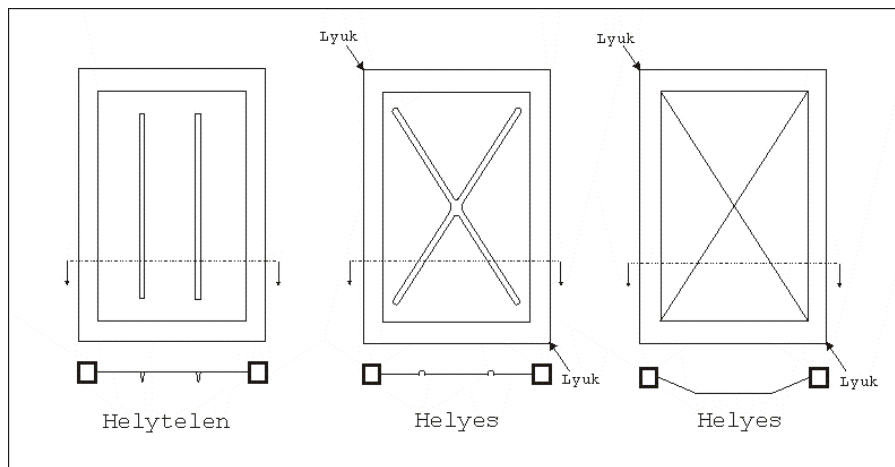


16. kép: U-szelvényes keret technológiai nyílásai

3.6.7 Vékony lemezből készített acélszerkezetek kivitelezése

Lemeztermékeknél, amikor a horganyolvadékba merülnek, mindkét irányban, folyóméterenként kb. 5 mm hossznövekedéssel kell számolni, valamint ugyanilyen hosszcsökkenéssel, amikor onnan kiemelik őket egészen a lehűlésig. A vékony lemezekből készült darabok könnyen és gyorsan átveszik a fémolvadék hőmérsékletét (kb. 450°C), és ennek megfelelően méreteik megnövekednek. Alapvető szempont, hogy méretváltozásait a szerkezet konstrukciója ne akadályozza. Egyidejűleg arról is gondoskodni kell, hogy a sík lemezfelületeket megfelelő módon merevítsék (kellő méretű bordák benyomásával). A síkfelületű lemezek kedvezőtlenek, stabilitásukat biztosítani kell. Sorozat termékeknél célszerű

próbahorganyzással eldönteni a megkívánt merevítések módját, helyét és mértékét. Tájékoztatásul a kialakításra, 17. képen példákat mutatunk be, ahol zártszelvényes keretbe hegesztett vékony lemezek láthatók.



17. kép: Lemezfelületek merevítése

Az ilyen termékeket a lehető leggyorsabban kell bemezíteni a horganyolvadékba, ezért a maximális méretű technológiai nyílásokról gondoskodni szükséges. Általánosságban elmondható, hogy minél vékonyabb egy lemez és minél nagyobb a felület/vastagság arány, annál nagyobb a deformáció kockázata. Nagy vastagságkülönbségű lemezek összehegesztése esetén – az eltérő hőtágulási időkülönbség miatt, fennáll a veszélye a vékonyabb lemez hullámosodásának, ezért ezeket célszerű csak tűzhorganyzást követően felszerelni (pl. védő bokalemezek járófelületek mellett).

3.6.8 Nehéz-acélszerkezetek tervezésének szempontjai

A szokásosnál vastagabb falú ($> 25 \text{ mm}$) acélszerkezetek gyártása során nagyobb odafigyeléssel kell eljárni (darabolás, hegesztés, esetleg feszültségmentesítés). Tovább bonyolítja a helyzetet, amennyiben növelt szilárdságú acéllal (S 460 szilárdság felett) van dolgunk, amelyeknél a megnövekedett folyáshatár miatt a gyártás során még nagyobb belső feszültségek ébrednek. Itt külön figyelmet érdemel a gyártási (maradó) feszültségek helye, nagysága, eloszlása és iránya. A hidrogén okozta elridegedés veszélyének kizárása érdekében, ezek a minőségek a tűzhorganyzóban minél rövidebb pácolási időt és inhibitorok használatát igényelnek. Ehhez járul még hozzá, hogy a nagyvastagságú szerkezeti elemeket az átlagosnál 2-3-szor kisebb sebességgel lehet a horganyolvadékba meríteni, mint a vékonyfalúakat. A horganyolvadékban addig kell benntartani a vastag munkadarabot, ameddig az át nem veszi annak hőmérsékletét (megszűnik a fémfürdő intenzív mozgása, kigázosodása és a salak felúszása), ami megnöveli a horganyzás idejét. A fentiek miatt gondot kell fordítani az alábbiakra:

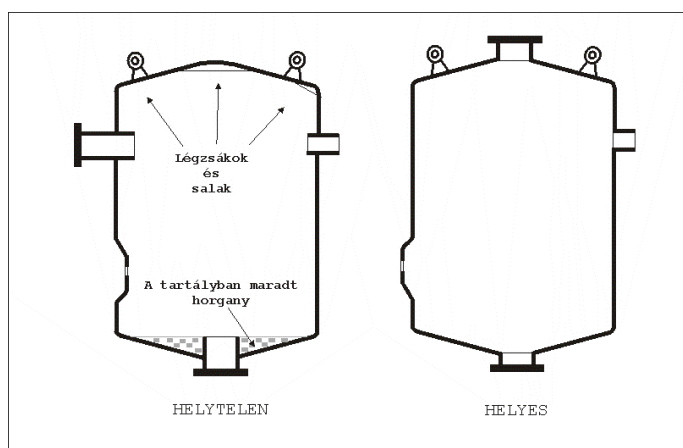
- ✓ Amennyiben növelt szilárdságú acélból készült a szerkezet, ezt mindenképpen közölni kell a tűzhorganyzó üzemmel

- ✓ A minimális hegesztési feszültségek érdekében, a megfelelő varraterősség, elosztás, hegesztési sorrend eléréseért hegesztési tervet kell készíteni
- ✓ A gyártási alapanyagot revetőrészel, szemcseszórással tisztítsák meg még gyártás előtt
- ✓ Acélszerkezet gyártása során a helyi felkeményedéseket okozó hidegalakításokat el kell kerülni
- ✓ Nagy vastagságkülönbségű elemeket egymással hegesztéssel ne építsenek össze, az összehegesztett lemezek vastagsági aránya legfeljebb 1,5-2-szeres legyen)
- ✓ Nagy vastagságú acélterméket nagyfelületű vékonyabb lemezzel ne hegesszenek össze
- ✓ Konzekvensen be kell tartani a tűzhorganyozott acélszerkezetek gyártására vonatkozó tervezési és gyártási előírásokat

A nehéz-acélszerkezetek esetében – horganyzástechnológiai okok miatt - a szokásosnál vastagabb (2-3-szoros) bevonat vastagságokkal is lehet számolni.

3.6.9 Tartályok kialakítása

A tűzhorganyzás lényegében az egyetlen olyan nagy tömegben alkalmazott korrózióvédelmi technológia, mely nemcsak kívül, hanem a zárt terekkel rendelkező darabok belsejében is azonos értékű bevonatot nyújt. Ezért olyan konstrukciót kell választani a tárgyaknak, hogy kívül-belül kezelhetőek legyenek, azaz a levegőnek maradéktalanul el kell távozni, illetve a folyadékoknak ki kell ürülni a tartály minden egyes részéből. Amennyiben a technológiai nyílások nem megfelelő nagyságúak, vagy nem alkalmas helyre vannak elhelyezve, bemerítéskor fennáll a termék „megúszásának”, kiemeléskor pedig a „leszakadásának” veszélye. Utóbbi esetben figyelembe kell venni, hogy a folyékony horgany – nagyobb viszkozitása miatt – sokkal lassabban folyik ki a belső terekből, mint a víz és ahhoz képest hétszeres tömeggel rendelkezik. A tartályoknál különösen fontos a megfelelő technológiai nyílások kialakítása, mert helytelen megoldások akár robbanásukhoz is vezethetnek (18. kép).



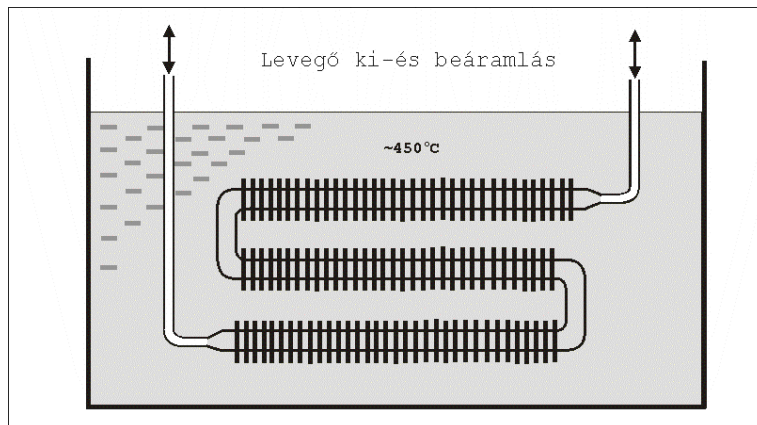
18. kép: Tartályok helytelen és helyes kialakítása

Különösen nagyméretű edényeknél, lehetőség szerint, minél nagyobb be-, és kiömlő, valamint tisztuló nyílásokat (salak- és gázkiáramlás) kell alkalmazni, mivel a termék nagyon nagy belső térrel és nagy felülettel rendelkezik. Túl kicsi technológiai nyílások miatt, a horganyzó nagyon

kis bemerítési és kiemelési sebességet kénytelen alkalmazni, ebből adódóan káros mértékű alakváltozások fordulhatnak elő (lásd: 3.4 fejezet). A folyamat során a tartályban levő nagy tömegű, folyékony horgany miatt, nagy figyelmet kell fordítani a kellően erős és stabil felfüggesztési helyek kialakítása.

3.6.10 Csak kívül tűzhorganyzott termékek

Speciális esetekben fordulhat elő, hogy egy adott munkadarabot csak kívülről kell tűzhorganyozni. Ez a feladat nagy szakértelmet, gondos munkavégzést, a megrendelő és a bevonást végző üzem közötti szoros együttműködést, bizalmi kapcsolatot igényel. Ilyenek például a hőcserélő berendezések, melyek általában különösen nagy értéket képviselnek. Mivel a darabok belsejébe semminemű nedvesség nem kerülhet, ezért az alkalmazott hegesztések hibátlanok, tökéletesen vízzáróak legyenek. Ugyanakkor a szerkezeteket a belső térben levő levegő térfogatának növekedése miatt, illetve biztonságtechnikai okokból, a folyadékok felszíne fölé nyúló kilevegőző pipákkal kell ellátni (19. kép).



19. kép: Hőcserélők kialakítása

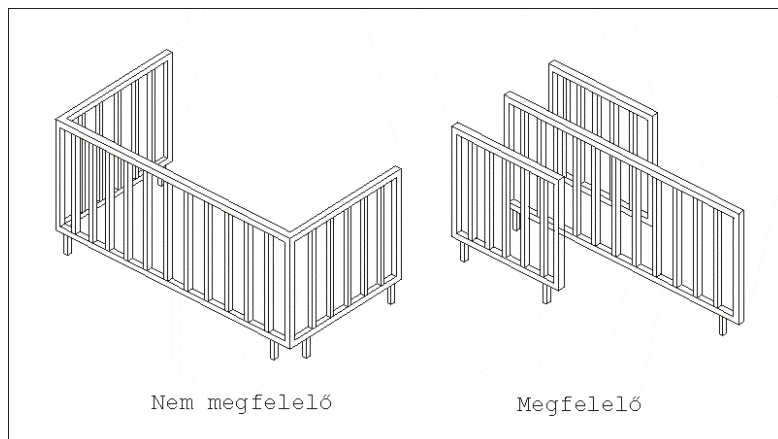
A hőcserélő belseje levegővel telített, emiatt horganyzáskor ennek felhajtó erejét megfelelően ellensúlyozva nyomják a tárgyat a fémolvadék felszíne alá. Ilyenkor a nagy felhajtóerő valamilyen módon igyekszik visszalökni a darabot a fémfelszínre, ezért ügyelni kell arra, hogy kellően erős legyen a megfogó-lenyomó készülék.

Mivel a kívül lamellákkal felszerelt berendezéseknek – funkciójukból adódóan – szokatlanul nagy a külső felülete, ezért itt még fontosabb a tűzhorganyzáshoz ajánlott acélminőség alkalmazása (lásd: 2.1 fejezet).

3.6.11 Térbeli szerkezetek osztása

Egy-egy acélszerkezet tervezése és kivitelezése során gyakran lehet találkozni olyan térbeli szerkezetekkel, melyeket célszerűen és könnyen síkokra lehetne bontani. Az ezzel kapcsolatos többletköltségek gyorsan megtérülnek a gyártás, szállítás, raktározás és természetesen a tűzhorganyzás folyamatának egyszerűbb kivitelezésével, mely még jobb termékminőséghez is

vezet. Ahol lehet, javasolt az ilyen szerkezetek síkokra történő bontása (20. kép), majd csak a bevonás után csavaros kötéssel történjen meg az egyesítésük.



20. kép: Térbeli szerkezetek bontása

3.6.12 Öntvények tűzihorganyzása

Ezeket a termékeket bizonyos feltételek betartása mellett tökéletes minőségben lehet bevonni. A szürke öntvények (lásd: EN 1561), illetve a temperöntvények (lásd: EN 1562) - az MSZ EN ISO 1461 szabványnak megfelelően - problémamentesen tűzihorganyozhatók. Az acélöntvények anyagminőségének megválasztásánál a már korábban ismertetett irányelveket javasolt szem előtt tartani (lásd: 2.1 fejezet).

Az öntvényeknél a fő problémát felületük tisztasága jelenti. Ugyanis az öntésükből származó anyagmaradványok (pl. formahomok, grafit, oxid) eltávolításához szükséges technológiák a legtöbb horganyzó üzemben nem állnak rendelkezésre. Ezek maradéktalan letisztítását (pl. szemcseszórással, koptatással) még a bevonásra történő beszállítás előtt el kell végezni. A kereskedelmi üzletláncokban kapható „kovácsoltvas jellegű” termékek egy része – gyártási technológiájuk miatt – nem tűzihorganyozható, ezért beszerzésük előtt próbahorganyzás javasolt.

Amennyiben apró öntvényekről van szó, az ilyen darabokat ún. tömegáruként ajánlott kezelni és speciális technológiával (centrifugával kiegészített tűzihorganyzás) kell bevonni (lásd: 3.6.13 fejezet).

3.6.13 Apró termékek (tömegáruk) bevonása

Ebbe a termékcsoportba tartoznak a csavarok, csavaranyák, alátétek, szegek, fittingek és hasonló kis darabok, melyeket a technológia egy speciális módjával, centrifugával kiegészített eljárással kezelnek. Ez azt jelenti, hogy a „tömegárut” kosarakba öntik, abban előkezelik és ugyancsak arra alkalmas kosarakban tűzihorganyozzák. Közvetlenül a bevonás után a még folyékony fém felesleges részét egy erre a célra létesített centrifugában leválasztják a munkadarabokról, és a darabokat vízben lehűtik. Lényeges különbség még, hogy az apró termékek bevonását végezhetik magasabb hőmérsékleten is (450 °C helyett 530 °C felett), de

a megnövelt hőmérséklet miatt, erre speciális előírások vonatkoznak. Különös tekintettel a nagyszilárdságú csavarok (HV) tűzhorganyzására. A szabványos kötőelemek bevonására külön szabvány vonatkozik (EN ISO 10684).

Viszonylag kevés horganyzó üzem rendelkezik ilyen lehetőséggel, ezért egyeztetni kell a termékek méreteit és darabszámát a kiválasztott vállalattal. A termékekre az EN ISO 1461 szabvány tartalmaz előírásokat, illetve speciális szabványok is léteznek.

3.6.14 Horganyfelvétel megakadályozása

Az alfejezet elején meg kell jegyezni, hogy a most következő szerkezeti megoldásokat lehetőleg el kell kerülni, alkalmazásuk tűzhorganyzott kivitelnél általában nem javasolt. A tűzhorganyzó üzemekben mégis gyakran találkozni olyan acélszerkezetekkel, amelyek egyes felületeit nem kell lehorganyozni (pl. utólagos hegesztés helyei, menetes részek). Ilyenkor a horganymentesnek szánt felületet megfelelő anyaggal kell bevonni, furatokat bedugaszolni. Ezekhez megfelelnek a vegyszer és hőálló szalagok, festékek, lakkok, melyek a legtöbb horganyzó üzemben beszerezhetők.

Belső menetes furatok esetében megfelelő méretű csavart kell becsavarni úgy, hogy előtte vastagon be kell kenni zsírral, vagy alkalmas festékkal majd a bevonás után onnan kitekerni és megtisztítani a menetes részt. Olyan hosszú csavarokat kell használni, hogy csavar vége a behajtást követően egy síkba kerüljön az anyagfelülettel, ugyanakkor a csavar feje semmiképpen se feküdjön fel az darab felületére. Amennyiben nehézzé válik a csavaros dugó kihajtása, puha lánggal ki kell melegíteni és a felesleges horgany maradványokat le kell kefézni.

3.6.15 DAST-Richtlinie 022

Az acélszerkezetekben a gyártásuk során kialakult belső feszültségek és a tűzhorganyzási folyamat együttes hatásaként ritkán káros alakváltozások (lásd: 3.4 fejezet), sőt szélsőséges esetekben repedések és törések is kialakulhatnak. Kockázatuk minimalizálása érdekében a német Acélépítészeti Bizottság (Deutscher Ausschuss für Stahlbau) 2009 kiadta a DAST-Richtlinie 022 irányelveket, mely tartalmazza a feszültségkorróziós repedések (angol nyelven LME: Liquid Metal Embrittlement, német nyelven Flüssigmetallinduzierte Spannungsrissskorrosion) elkerülése érdekében szükséges intézkedéseket. Ez vonatkozik az acélszerkezetek tervezésére, gyártására és tűzhorganyzására egyaránt. A német építőipari piacra szállító vállalatoknak be kell tartani az ebben foglaltakat. Számos magyar vállalat rendelkezik a fentieknek megfelelő tanúsítvánnyal.

3.7 Felfüggesztési pontok helyes megválasztása

Legtöbbször nem jelent semmiféle problémát a munkadarabok tűzhorganyzáshoz alkalmas felfüggesztése, ám néhány esetben nagyobb odafigyeléssel kell eljárni, melyek közül a következőket emeljük ki:

- ✓ A termékek konstrukciója nem minden esetben alkalmas a megfelelő felfüggesztéshez
- ✓ Különösen nagy tömegű szerkezeti elemek (> 3 tonna/db)
- ✓ A magasságukhoz képest nagyon hosszú, karcsú munkadarabok
- ✓ Vékony lemezből, huzalból készített szerkezetek
- ✓ Nagy tartályok

Ilyenkor ajánlatos a tűzihorganyzóval egyeztetni a felrögzítés módját és a felfüggesztési helyek kialakítását és erősségét.

3.8 Acélszerkezetek gyártására vonatkozó főbb szempontok

A megfelelően megtervezett acélszerkezettel megtették az első fontos lépést a kiváló minőségű tűzihorganyzott acélszerkezet érdekében. Évtizedes tapasztalatok alapján, az acélszerkezetek gyártásánál is adódnak olyan feladatok, melyek helyes megoldásával nagymértékben hozzá tudnak járulni a sikeres termékhez. Az előállítás folyamata több olyan lépésből áll, melyek befolyásolhatják a későbbi bevonatképzés folyamatát, a termékminőséget.

3.8.1 Darabolási eljárások

A termikus darabolási technikák (lángvágás, plazmavágás, lézervágás) megváltoztatják az érintett anyagrészek kémiai összetételét, emiatt a vágott felületeken képződött horganyréteg vastagsága kisebb is lehet, mint ami elő van írva. A nagyon éles sarkokon kialakuló fémréteg sérülékeny. A fenti jelenségek elkerülése érdekében a termikusan vágott felületek és a termékek élének enyhe köszörülése, lekerekítése javasolt, ez főként a *lézervágással* kialakított darabokra vonatkozik, de valamennyi ilyen eljárásnál ajánlott.

3.8.2 Hegesztés

Hegesztési műveletek során keletkeznek a legnagyobb mértékben azok a belső húzófeszültségek (maradó, rugalmas feszültségek), melyek komoly hatással lehetnek az acélszerkezet tűzi fémbevonás utáni alakváltozására. Ezért minél több hegesztés van egy szerkezeti elemen, annál nagyobb gondot kell fordítani a helyes hegesztési paraméterek megválasztására. A tűzihorganyzás nem tudja eltüntetni a rosszminőségű hegesztés hibáit, illetve a nem megfelelő hegesztési varratok salakfeltapadásokhoz, horganyzó flux maradványok lerakódásához is vezethetnek. Az iparág már sok tapasztalattal rendelkezik a hegesztés hatásaival kapcsolatosan, melyek közül a legfontosabb tudnivalókat a 9. fejezet foglalja össze.

3.8.3 Hegesztőanyag kiválasztása

A hegesztési varratok jelentik a kötőelemeket az acélszerkezeti elem egyes részei között, így a felhasználás során nagy igénybevételeknek vannak kitéve. Ezért a szerkezet alapanyagához megfelelő, szilárdságilag alkalmas hegesztő huzalok helyes kiválasztása a legfontosabb szempont. Ám számos esetben adódik, hogy a tűzihorganyzásra kerülő munkadarabbal

szemben támasztott más követelményeket (pl. esztétikai megjelenés) is szem előtt kell tartani. Ilyenkor az acélapanyag kiválasztásánál tárgyalt szempontokat javasoljuk figyelembe venni (lásd: 2.1 és 9. fejezet), optimális esetben nemcsak a szerkezet egyes részei, hanem a hegesztési varratok is egységes, fényes megjelenésűek. Emellett fontos kritérium a hegesztési varratok felületén kialakuló horganyréteg vastagsága. Ha két összehegesztett alkatrész varratán túl nagy lesz a réteg vastagsága, ez korlátozhatja a termék felhasználhatóságát. Ennek megfelelően lehet kiválasztani a hegesztő huzalok acélminőségét. Általánosságban elmondható, hogy bevonatos elektródák alkalmazása csak nagy hegesztési szaktudás esetén vezet salakmentes felületekhez, ezért inkább védőgázos hegesztés felhasználása javasolt.

3.8.4 Az acélszerkezet felületi minősége

Az acélszerkezetek gyártói a legtöbbször úgy szállítják be termékeiket a tűzihorganyzó üzembe, hogy azok felülete a „kereskedelmi” állapotnak megfelelően rozsdás, revés. Ez általában semmiféle gondot nem jelent, azonban csak olyan szennyeződések lehetnek az acélszerkezet felületén, melyek a horganyzó üzemi technológiával a kezelésre rendelkezésre álló – optimális – időtartam alatt eltávolíthatók. Ellenkező esetben termékminőség romlást okozhatnak. A legfontosabb követelményeket 6. táblázat foglalja össze.

Szennyeződés	Következménye	Megelőzése
Vízben nem oldódó festék, lakk, bitumen, stb.	horganyhiány	csiszolás, égetés, kefézés
Felületbe hengerelt vastag reve	horganyhiány, vagy durva bevonat	szemcse-, homokszórás
Erősen, mélyen korrodált felület	horganyhiány, vagy durva bevonat	szemcse-, homokszórás
Vastag, zsír, olaj	horganyhiány, salakos felület	törlés
Felragasztott papírcímke	horganyhiány	csiszolás
Hegesztési salakok	horganyhiány	megfelelő hegesztési technológia, köszörülés
Szilikon-tartalmú spray nyoma	horganyhiány	megfelelő feltapadás gátló spray
Hegesztéskor a felületre égett különféle olajok	horganyhiány	olajok eltávolítása még hegesztés előtt

6. táblázat: Az acélszerkezet felületi tisztaságra vonatkozó követelmények

3.9 Tűzihorganyzást követő utómegmunkálás, utókezelés, festés

A megfelelő megmunkálási mód kiválasztásánál figyelembe kell venni a bevonat elsődleges rendeltetését (korrózió elleni védelem) és tulajdonságait. Ahhoz, hogy a védőréteg be tudja tölteni feladatát, használatbavételéig sérülésmentesnek kell maradni. Az acélszerkezeti tűzihorganyzás során kialakított fémrétegben túlnyomóan vas-horgany fázisok fordulnak elő (lásd: 2. fejezet, 1. kép), melyek kemények, ridegek, ezért extrém mechanikai hatásokat (hajlítás, sajtolás, csavarás) nehezen, vagy egyáltalán nem viselik el. A horgany olvadáspontja 419 °C, a vas-horgany ötvözeteké ennél ugyan magasabb, de mégsem bírják el a túlzott hőhatásokat, így hegesztésük csak különleges körülmények biztosítása mellett lehetséges,

azonban ilyenkor is számolni kell a védőréteg sérülésével, melyet az EN ISO 1461 szabványnak megfelelően kell kijavítani. A fentiekkel kapcsolatos javaslatok a 7. táblázatban találhatók.

Eljárás	Megmunkálás	Végrehajtás feltételei
Termikus-megmunkálások	Hegesztés	Megfelelő technológiával, de bevonatsérüléssel jár. A horganyhiányt javítani kell (MSZ EN ISO 1461:2009). Helyi elszívásról gondoskodni kell
	Hajlítás, csavarás	Nem ajánlott, mert bevonati sérüléssel jár
	Egyengetés	Nem javasolt, mert nagyfelületű bevonati sérüléssel jár
	Darabolás	Lehetséges, de bevonati sérüléssel jár, amit javítani kell (MSZ EN ISO 1461:2009). Helyi elszívásról gondoskodni kell.
	Forrasztás	Megfelelő technológiával lágy-és, keményforrasztás lehetséges
	Köszörülés	Bevonat sérüléssel, jár. A szükséges bevonatvastagságot helyre kell állítani (MSZ EN ISO 1461:2009)
Hideg-megmunkálások	Hajlítás, csavarás	Korlátozottan lehetséges vékonyabb lemezeknél ($v < 2$ mm), de mértéke függ a bevonat szerkezetétől
	Sajtolás, mélyhúzás	Csak folyamatos sorokon tűzhorganyzott lemeztermékek esetében lehetséges. 2 mm lemezvastagság alatt katódos védelem védi a sérülést
	Lyukasztás	
	Darabolás	
	Reszelés, csiszolás	Bevonat sérüléssel, jár. A szükséges bevonatvastagságot helyre kell állítani (MSZ EN ISO 1461:2009)
	Forgácsolás	Lehetséges
	Szegecseles	Lehetséges
	Egyengetés	Korlátozottan lehetséges, a bevonat sérülése elkerülésével

7. táblázat: Már tűzhorganyzott szerkezetek utólagos megmunkálása lehetőségei

Amennyiben a horganybevonat elégésével járó beavatkozást végeznek (pl. hegesztés, termikus darabolás), akkor a megmunkálást jól szellőztetett térben és helyi elszívás alkalmazásával kell elvégezni, ugyanis a fém elégésekor keletkező cink-oxid belélegezve influenza-szerű tüneteket, lázat okoz. Ennek hatása azonban egy-két napon belül minden következmény nélkül elmúlik.

Meg kell ugyanakkor jegyezni, hogy amennyiben a tűzhorganyzott acélon végzett utólagos megmunkálások az eredeti védőréteg sérüléséhez vezetnek, az érintett termékrészre vonatkozóan megszűnik a tűzhorganyzó mű minőségi felelőssége.

3.10 Tűzhorganyzott termékek csomagolása és tárolása

A bevont acélszerkezet kialakított védőrétegének sérülésmentességét a szállítás, tárolás és felszerelés során is biztosítani kell. A horgany feladata a korrózió elleni védelem, melyet a korrózió hatására a felületén kialakuló ún. cinkpatina biztosít (lásd: 6.2 fejezet). A horganyolvadékból kiemelt munkadarabok felületén csak idővel (néhány nap – több hónap) alakul ki ez a vékony, a tiszta vízben oldhatatlan védőfilm. De a védőréteg teljes kialakulásáig ki van téve az ún. fehérrozsdásodás veszélyének, amely kis mennyiségben nem befolyásolja a termék minőségét, ám nagy felületeken és tartós képződése káros lehet. Ennek megelőzése érdekében javasoljuk figyelembe venni 8. táblázatban foglalt szabályokat.

Követendő stratégia	Intézkedés	Megjegyzés
Passzív védelem	Védőréteg kialakítása, mely elzárja a horganyréteget a levegőtől	A frissen tűzhorganyzott terméket a bevonó anyag oldatába (pl. vízben oldódó lakk, festék, stb.) merítik, szórják
Aktív védelem	Egyenletes hőmérsékleten történő tárolás	Csapadék lecsapódás elkerülése (hőingadozások kiküszöbölése)
	Megfelelő csomagolás	A felületek között a folyamatos levegőáramlást biztosítani kell (szükséges légrések – $r > 5 \text{ mm}$)
	Helyes tárolás	Csapadék lefolyás biztosítása (ferdeszögű tárolás)
	Száraz, védett térben történő raktározás	Ráhulló, kondenzálódó csapadék elkerülése

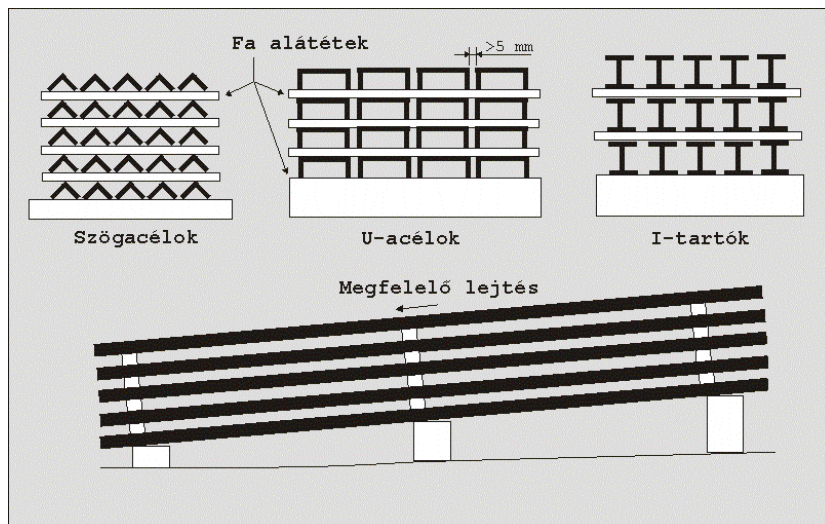
8. táblázat: Szempontok a fehérrozsdásodás megelőzése érdekében

A tűzhorgany bevonat vashoz (acélhoz) történő tapadása kiváló, többszörösen meghaladja a legjobb festékbevonatokét (lásd: 2.4 fejezet). Ennek ellenére szállításánál és csomagolásánál el kell kerülni az erős mechanikai igénybevételeket, különösen vonatkozik ez a matt-szürke, vagy szürke-foltos és vastag horganyrétegekre (lásd: 2.1 fejezet). Helyes kezelésük érdekében 9. táblázatban található meg az ezzel kapcsolatos a legfontosabb tudnivalók.

Kezelés	Ajánlott módszer	Megjegyzés
Tárolás	Száraz párnafákon, műanyag távtartókkal, megfelelő légrés biztosításával	Tiszta párnafák alkalmazása
	Körbekerített, védett területen, ne közlekedési úton	
	Lehetőleg fedett területen	
	Szilárd, stabil és száraz talajon	Ne tárolják fűben, puha talajon, nedves területen
Szállítás	Stabilan rögzítve, dőlésmentesen kikötve	
	Száraz párnafákon, konténerekben	Tiszta párnafák alkalmazása
	Egységcsomagokban, emelőgépekkel hozzáférhetően	Emelővilla hozzáférés biztosításával
	Száraz légtérben	Csapadék lecsapódás elkerülésével
Csomagolás	Száraz párnafákon, műanyag távtartókkal	Szennyeződésmentes párnafák alkalmazása
	Kötegek élvédőkkel ellátva	Műanyag élvédők előnyösek
	Apró termékek felfűzve, konténerekben	
	Felületek között a légmozgást biztosítani kell	
	Dőlésmentes rakatok kialakítása	
	Megfelelő erősségű és minőségű pántoló eszköz alkalmazása	Rozsdamentes pántoló eszköz javasolt

9. táblázat: Helyes kezelés a bevonat sérülése elkerülése érdekében

A 21. képen néhány példa látható a helyes kötegelés és tárolás megvalósítására.



21. kép: Helyes csomagolás és tárolás

Megfelelő termékkezelés szükséges ahhoz, hogy a kitűnő minőségben elvégzett tűzihorganyzás be tudja tölteni a feladatait, hanyag anyagmozgatás, tárolás minőségi kifogásokhoz vezethet.

3.11 A késztermékek minőségi átvétele

A késztermékek minőségi átvételének módjában – amennyiben az áruval szemben különleges követelmények vannak (pl. fontos és lényeges felületek, szabványtól eltérő bevonatvastagság) – a horganyzó vállalattal írásban célszerű megállapodni. Egyéb esetekben bevonó műnek az MSZ EN ISO 1461 szabványnak megfelelően kell eljárni. Amennyiben a horganyoztató fél megfelelési tanúsítványt (műbizonylatot) igényel, akkor ezt a vállalatnak az ISO 10474 szabvány szerint kell kiállítania (MSZ EN ISO 1461).

4. Tűzihorganyzással kapcsolatos szabványok értelmezése

A gyakorlati életben sok acélszerkezet gyártó vállalkozás nincs tisztában a tűzihorgany bevonatokra vonatkozó előírásokkal. A védőréteg külleme, vastagsága, hibamentessége a legfontosabb követelmények, az ezekre vonatkozó szabványszámot, vagy attól eltérő igényeket a szerződésben kell rögzíteni. Vannak direktívák, melyek információkat tartalmaznak a horgany korróziós tulajdonságaival (ISO 9223, EN ISO 14713), illetve az optimális acélminőség kiválasztásával kapcsolatosan (EN ISO 14713, EN ISO 10025).

4.1 MSZ EN ISO 1461:2009 szabvány

Ez egy olyan nemzetközi és európai előírás, amely elősegíti a tűzihorganyzott termékek szabad mozgását a szabványt elfogadó országokban. Amennyiben más előírás nincs, betartását a tűzihorganyzó vállalatok magukra nézve kötelezőnek tartják, de közös megállapodással el is lehet tőle térni. A tervezők, gyártók és felhasználók szempontjából legfontosabb részei a

horganybevonat jellemzőire vonatkozó előírások (küllem, vastagság, hibahelyek és javítás). A bevonat minősítése a horganyréteg alapvető rendeltetését, azaz a korrózió elleni védelmet támogatja, a hol fő cél a bevonat hibamentessége, a külső megjelenés csak másodlagos.

4.1.1 A termék külső megjelenése

Aki tűzhorganyzott acélszerkezetet rendel annak célja, hogy hosszútávra szóló védelmet biztosítson a szerkezetnek, a védőréteg megjelenése természetesen nem elhanyagolható szempont, de nem minősíti a védelem jóságát.

Az érvényes szabvány előírása a küllemre vonatkozóan a következő. „Az átvételi vizsgálatkor az összes tűzhorganyzott darab lényeges felülete(i) szabad szemmel, legalább 1 m távolságból vizsgálva mentes(ek) legyen(ek) csomóktól, hólyagoktól (azaz a szilárd fémhez való kötődés nélküli, kiemelkedő területektől), érdességtől és éles csúcsoktól (ha azok sérülést okozhatnak), valamint bevonat nélküli területektől. A legfőbb cél az, hogy a horganybevonat védje a vas-és acélárak felületét. Az esztétikus, illetve díszes megjelenés másodlagos szempont legyen”. A gyakorlati életben természetesen lehetnek olyan igények, melyeknél a termék megjelenése, tetszetőssége is fontos követelmény, ilyenkor ezt közölni kell a horganyzó üzemmel és ennek feltételeiről közösen meg kell állapodni.

„Sötétebb, vagy világosabb szürke területek (pl. hálómintás vagy sötétszürke területek) vagy kismértékű felületegyenletlenség nem ok a visszautasításra.” (22. kép).



22. kép: Sötétszürke és fényes felületek

„Nem ok a visszautasításra a fehérrozsda folt sem, elsősorban a bázisos cink-oxid (amely a tűzhorganyzás utáni nedves körülmények közötti tárolás során jön létre), feltéve, hogy a bevonat vastagsága az előírt legkisebb érték fölött marad.” A bázisos cink-oxid (cink-hidroxid) képződése a horgany korróziójának

természetes jelensége, melynek nagy része később átalakul bázisos cink-karbonátokká (a cinkpatina része lesz), ezért nem kifogásolható, amennyiben nem ölt káros mértéket (23. kép). A mindennapi gyakorlatban esetenként vita tárgyát képezheti a megjelenése, ezért ennek szükséges kizárásáról célszerű írásban megállapodni a horganyzó vállalattal. Megfelelő tárolási körülmények között, vagy a bevonat utókezelésével meg lehet akadályozni kialakulását, illetve lassítani lehet a képződését, de szélsőséges esetben akár már a vask felület korróziója is megkezdődhet (24. kép), ami már káros jelenség.



23. kép: Gyenge fehérrozsda

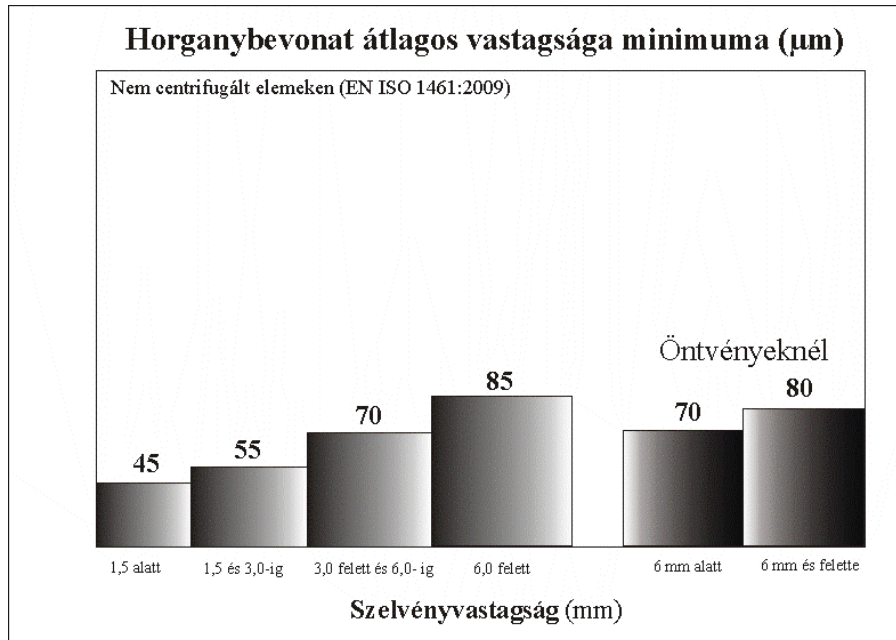


24. kép: Erős (káros) fehérrozsda

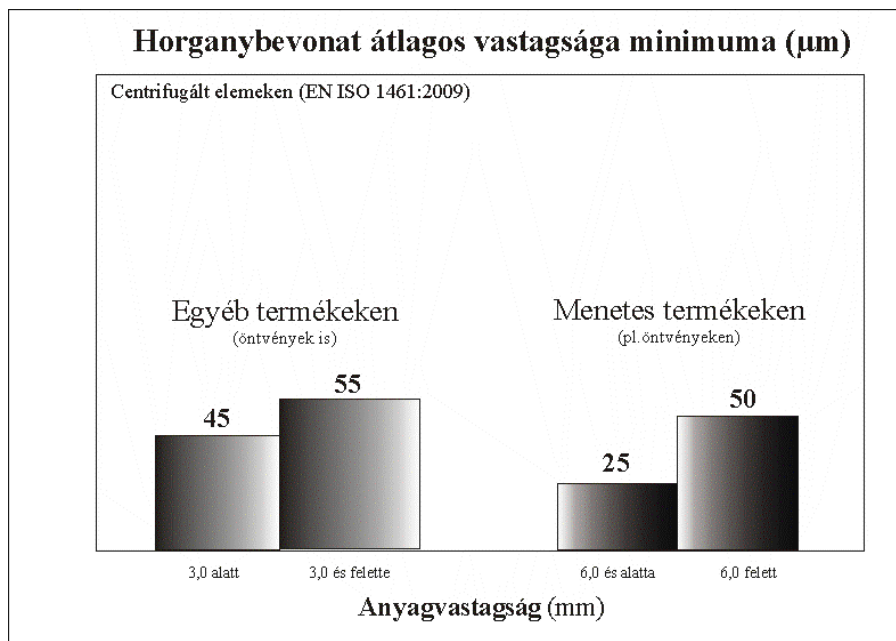
A fehérrozsdaosodás kiküszöbölésének számos lehetősége van (lásd: 3.10 és 6.1 fejezet). A szabvány tiltja a horganyzóból származó flux-és salakmaradványokat, mert savas kémhatásuk miatt erősen károsítják a bevonatot.

4.1.2 A bevonat vastagsága

A védőréteg vastagsága arányos a védelmi időtartamával, ezért nagyon lényeges szempont. Az MSZ EN ISO 1461: 2009 szabvány 6.2 pontja részletesen tárgyalja a vastagságmérés és minősítés követelményeit, eszközeit. A tűzihorgany bevonatok vastagságára vonatkozó szabványelőírások a 25. és 26. képeken láthatók.



25. kép: Legkisebb vastagsági értékek nem centrifugált termékeken



26. kép: Legkisebb vastagsági értékek centrifugált termékeken

Mint a képeken látszik, a minimális vastagsági értékek összefüggenek az acél alapanyag vastagságával, melynek technológiai okai vannak (lásd: 3.6.1 fejezet).

4.1.3 Hibahelyek és javításuk

Mivel a bevonat rendeltetése a korrózió elleni védelem, ezt a célt tükrözi a hibahelyekre vonatkozó szigorú előírás. E szerint a horganyzóban kijavítandó hibahelyek összes felülete nem haladhatja meg a termék összes felületének 0,5 %-át. Továbbá egy-egy kijavítandó bevonat nélküli felület nagysága nem léphet túl a 10 cm²-t. Amennyiben a fentieknél nagyobbak a hibahelyek, akkor a terméket újra kell horganyozni, kivéve, ha a felek erről másképpen állapodnak meg. A hibahelyek javítására több lehetséges megoldást javasol a szabvány, de a tűzhorganyzó vállalatok a javításhoz leggyakrabban a nagy cinktartalmú (ISO 3549) festékeket használják. Amennyiben a horganyzásra beszállított munkadarabok felületén a technológiával el nem távolítható anyagok maradtak (pl. festék, túl vastag reve, ráégett olaj), akkor az így kialakult hibahelyek miatti horganyhiány nem tüntethető fel a tűzhorganyzó üzem hibájául.

„A rétegvastagság a javított területeken legalább 100 µm legyen, hacsak a megrendelő nem javasol mást...”
Ilyen javaslat lehet például, ha a megrendelő bevonatával legalább azonos vastagságot kér. A legtöbb bevonó üzemben javító festékeket is árusítanak annak érdekében, hogy a későbbi megmunkálások alatt esetleg megsérült védőréteget a megrendelők is ki tudják javítani.

Amennyiben a tűzhorganyzott terméket a felhasználás előtt festik, mindenképpen jelezni kell a bevonó mű felé.

4.1.4 A réteg tapadása

Az acélszerkezeteken kialakított védőrétegekre jelenleg nincs nemzetközileg elfogadott tapadásvizsgálati módszer. Mivel a tűzhorgany bevonat elsődleges rendeltetése a korrózió elleni védelem, ezért az erős mechanikai behatásokat el kell kerülni. Kivételes esetben a horganyzást végző vállalattal meg lehet állapodni egyfajta tapadásvizsgálati módszer alkalmazásáról. Azonban a technológiából adódóan az alapfém és a védőréteg között kohéziós kapcsolat jön létre, amely önmagában garantálja a kitűnő tapadást. Amennyiben a bevonat kialakul, a tapadása is kielégíti az acélszerkezeteknél megkövetelhető legmagasabb igényeket.

4.1.5 Egyéb követelmények

A tűzhorganyzás kivitelezésekor (ajánlatkéréstől a termék elszállításáig) a megrendelő és a bevonó mű közötti szoros együttműködés szükséges. Az előírás A, B, C, D, E mellékletei is számos a megrendelők számára lényeges (esetleg kötelező) követelményeket is tartalmaznak, melyeket célszerű áttanulmányozni annak érdekében, hogy garantálni lehessen a termék kiváló minőségét.

4.2 EN ISO 14713 szabvány

A normatíva fontos információs anyaga elsősorban az acélszerkezet tervezőinek, gyártóinak, de a korrózióvédelmi szakemberek számára is értékes. Első része (EN ISO 14713-1: 2017) elsősorban a különféle típusú horganybevonatok tervezésével, korróziós kérdésekkel

foglalkozik (lásd: 6. fejezet), míg a második rész (EN ISO 14713-2: 2017) kifejezetten a tűzhorganyzott acélszerkezetek tervezésével és gyártásával kapcsolatos témaköröket taglalja.

5. Tűzhorgany bevonat külleme, és mechanikai-tulajdonságai

A technológiájából adódóan a védőréteg megjelenése, mechanikai tulajdonságai és vastagsága között összefüggés van. Meghatározó az acélszerkezet anyagi minősége, pontosabban annak szilícium és foszfor tartalma. A két kémiai elemnek döntő hatása van a réteg küllemére, vastagságára és egyéb tulajdonságaira, de néhány esetben más tényezők befolyása is érvényesül.

5.1 Mitől fényes, vagy szürke egy bevonat?

Az, hogy az acélszerkezet a bevonást követően fényes, vagy éppen szürke, esetleg szürke-foltos leginkább a munkadarab anyagának kémiai összetételétől függ (lásd: 2.1 fejezet). Bizonyos konstrukcióknál más hatások is érvényesülnek, melyek meghatározhatják a kialakuló horganyréteg szerkezetét. A tűzhorganyzó üzemnek korlátozottak a lehetőségeik a bevonat jellemzőinek befolyásolására. A szürke rétegek kialakulásának okaira vonatkozóan mutat be példákat a 10. táblázat.

Kiváltó ok	Megjegyzés
Nem optimális acélminőség alkalmazása	Az acél szilícium és foszfor tartalma nem kedvező
Nagy anyagvastagságok	A $v > 10$ mm feletti anyagvastagságoknál még optimális acélminőség esetén is szürke, vagy szürke-foltos lehet a bevonat
Túl kicsi technológiai nyílások	Nehezen merül el és lassan lehet kiemelni a horganyolvadékból. Még optimális acélminőség esetén is előfordulhat
Nagy belső zárt terekkel rendelkezik a szerkezet	Lassan hűl le a darab, hosszú ideig tart a termodiffúzió. Még optimális acélminőség esetén is előfordulhat

10. táblázat: Szürke bevonatok kialakulásának legfontosabb okai

5.2 A bevonat külleme és a horganyzás ára között összefüggések

A vastagabb horganybevonat felülete általában durvább, a legtöbb esetben szürke, szürke-foltos, de néha lehet fényes, narancshéjra emlékeztető is. A réteg vastagsága szorosan összefügg a tűzhorganyzás díjával. Ugyanis, ha vastagabb lesz a horganybevonat, megnő a termék horganyfelvétele, így több horgany kerül az acélfelületre, mely akár jelentős költségnövekedést okoz a tűzhorganyzónak. Túl nagy horganyfelvétel változásoknál a tűzhorganyzó jelentős áremelésre kényszerülhet, ha a költségnövekedést már nem fedezi a bérhorganyzás ára. Természetesen ez a következmény fordítva is igaz lehet.

5.2.1 Az acélminőség hatása a horganyzási árra

A tűzi úton felvitt horganyréteg kialakulásának sebessége szorosan összefügg az acél kémiai összetételével (lásd: 2.1 fejezet). Reaktív acélok felületén vastag, szürke, szürke-foltos, esetleg fényesebb narancsos fémréteg jön létre. Azaz minél nagyobb a horganyolvadékban lejátszódó kémiai-fizikai reakciók sebessége, annál vastagabb lesz a horganybevonat, ami megjelenik az acélszerkezet költségeiben.

Kedvezőtlen acélminőség → túl vastag horganyréteg → magasabb horganyzási díj

5.2.2 Az acélszerkezeti konstrukció hatása a horganyzási árra

Hasonló összefüggéseket lehet felfedezni egyes konstrukciós megoldásoknál is. Ugyanolyan acélösszetételnél, amennyiben nagyméretű, vagy vastagabb acélanyagból készül egy acélszerkezet, az biztosan megnöveli a horganyzás időtartamát, és vastagabb lesz a bevonat. Ha túl kicsi technológiai nyílásokat alakítanak ki egy zártszelvényen, akkor túl lassan lehet bemeríteni a fémolvadékba és onnan kiemelni, ami szintén nagyobb horganyfelvételhez vezet. Ezek a legtöbb esetben magasabb horganyzási költségeket eredményeznek.

Eltérő konstrukció → hosszú horganyzási időtartam → magasabb horganyzási díj

6. A cink élettartama

A cink (horgany) kiváló korróziós tulajdonságát annak köszönheti, hogy a környezet hatására felületén egy nagyon vékony oxidréteg, ún. cinkpatina jön létre. Ez a réteg tiszta vízben nem oldható, tömör és jól ellenáll a környezeti hatásoknak.

6.1 A horganyréteg légköri korróziója

A tűzihorgany bevonat elsődleges rendeltetése az acélszerkezetek korrózió elleni védelme, ezért számunkra a fém korrózióval szembeni ellenállása a meghatározó. A horganyolvadékból történő kiemelés pillanatában elkezdődik a horgany korróziója (cink-oxid képződése), majd a lehűlési folyamatot követően a levegő vízpára-, és szén-dioxid tartalmával reagálva bonyolult kémiai-fizikai folyamatok útján cink-hidroxid, majd zömében bázisos cink-karbonátok alakulnak ki a fém felszínén, ezek az oxidációs termékek együttesen alkotják a főleg bázisos cink-karbonátokból álló cinkpatinát.

Atmoszférikus igénybevételnél, a cinkpatina kialakulásának időtartama a levegő nedvességtartalmától függően néhány naptól akár több hónapig is eltarthat (11. táblázat). Az oxidréteg képződésének sebességét és a védőértékét jelentősen befolyásolják a levegő szennyeződései, elsősorban kén-dioxid (SO_2), és klorid (Cl^-)-tartalma.

Korróziós klíma	Cinkpatina kialakulása várható (nap)
Száraz levegőn	80 ... 100
33%-os relatív pártartalomnál	14 ... 21 nap
75%-os relatív páratartalomnál	3 ... 5

11. táblázat: A cinkpatina kialakulásának várható időtartama

Ipari klímában kialakuló cinkpatina kevésbé ellenálló, mint például egy vidéki környezetben kialakuló, mert a levegő szennyezőanyagainak hatására a felületét védő oxidréteg könnyebben feloldódik. Az EN ISO 9223 és EN ISO 14713 szabványok tartalmazzák azokat a korróziós kategóriákat, melyeket légköri igénybevételeknél célszerű alkalmazni (12. a táblázat).

Korróziós kategória	A cink korróziós vesztesége r ($\mu\text{m}/\text{év}$)
C1 (nagyon alacsony)	$r \leq 0,1$
C2 (alacsony)	$0,1 < r \leq 0,7$
C3 (közepes)	$0,7 < r \leq 2,1$
C4 (magas)	$2,1 < r \leq 4,2$
C5 (nagyon magas)	$4,2 < r \leq 8,4$
CX (extrém magas)	$8,4 < r \leq 25$

12. táblázat: A cink légköri korróziója (kivonat az ISO 9223:2012 szabványból)

Nemzetközi tapasztalatok szerint Európában az erősen iparosított területek és tengerpartok kivételével a besorolások legfeljebb C3, de zömmel az alatti légszennyeződési értékeket mutatnak.

6.2 A cink korróziós élettartama különféle közegekben

A horgany korrózióval szembeni ellenállása függ az alkalmazási körülményektől. Az elmúlt évszázadok tapasztalatai alapján leginkább légköri igénybevételeknél használják, de víz alatt, sőt bizonyos esetekben talajkorróziós igénybevételeknél is alkalmazható önálló bevonatként (lásd: 2.4 fejezet, 4. táblázat). A horgany nemcsak természeti körülmények közötti hatásoknál megfelelő, hanem sok kemikáliának is ellenáll. Amennyiben tűzihorganyzott felületű tartályban szeretnénk tárolni vegyipari termékeket, ez sokszor lehetséges, erre mutat be példákat az 13. táblázat.

Anyagcsoport	Lehetséges alkalmazás
Szénhidrogének	Benzol, toluol, xilol, ciklohexan, könnyű szénhidrogén, petroleum, nehézbenzin, lakkbenzin, tiszta dízelolaj, terpentin, olajfestékek, stb.
Alkoholok	Isopropanol, glykol, glycerin
Halogenidek	Számos szerves monogalogenid, pl. amylbromid, butylbromid, butylklorid, etylbromid, brombenzol, klórbenzol, stb.
Fenolok	Fenol, kresol, bifenol, xilenol, klórilenol, stb.
Egyéb anyagok	Folyékony szőlőcukor, egyes amidok, fenol-származékok, észterek, stb.

13. táblázat: Példák a horganybevonat alkalmazására különböző kemikáliákkal érintkezésben

7. Tűzhorganyzási hibák elkerülése és javításuk

Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a megrendelő és tűzhorganyzó szoros együttműködésével legnagyobb részben megelőzhetők az alább felsorolt hibák. Egy felépített tűzhorganyzott acélszerkezet teljes műszaki átvételéig több olyan tevékenységgel, mint hibaforrással kell számolni, amelyek befolyásolhatják a végtermék minőségét. Ezek között a következők a legfontosabbak:

1. tervezés
2. gyártás
3. tűzhorganyzás
4. raktározás
5. szállítás
6. szerelés

7.1 Hibák és megelőzésük

Az acélszerkezetek tervezésétől, a gyártáson át a késztermékek felhasználásáig többféle hibaforrás létezik, melyek kiküszöbölése a horganyzást megrendelő félnek és a tűzhorganyzó üzemnek egyaránt érdeke. Az egyszerűbb áttekinthetőség érdekében a 14. – 18. táblázatokban foglaljuk össze a különböző hibaforrásokat, hibákat és kiküszöbölésük lehetőségeit.

7.1.1 Tervezésből adódó leggyakoribb hibák

A tervezés az a művelet, amikor már az acélszerkezet elméleti megszületésének kezdetén döntő hibák fordulhatnak elő. Ezek nem lokálisan, hanem a legtöbbször a teljes acélszerkezet minőségét leronthatják (14. táblázat).

Hiba a tűzihorganyzott terméken	Megelőzés módjai
Túl vastag, nem egyenletes horganybevonat	Optimális acélminőség kiválasztása, alkalmas szerkezeti konstrukció
Deformáció	Helyes termékkialakítás, megfelelően nagy és helyesen elhelyezett technológiai nyílások, optimális termékméret alkalmazása (egy lépésben történő horganyzás), megfelelő anyagvastagságok megválasztása
Utólagos korróziós gócok	Átlapolásos megoldások mellőzése
Horganymegfolyások a felületeken	Helyesen elhelyezett és megfelelő méretű technológiai nyílások alkalmazása
Légszákok, salak feltapadások, horganymaradványok	Helyesen elhelyezett és megfelelő méretű technológiai nyílások alkalmazása
Keményhorgany szemcsék a felületen	Helyes konstrukció megválasztása

14. táblázat: Gyakoribb tervezési hibák és kiküszöbölésük lehetőségei

7.1.2 Acélszerkezet gyártásából adódó fontosabb hibák

A tűzihorganyzott acélszerkezetek gyártása általában bonyolult technológiai lépésekből áll, melynek során nagy szerepe van az emberi tényezőnek is. A jól megtervezett terméken végzett nem megfelelő beavatkozások, általában helyi minőségi problémákat okoznak (15. táblázat).

Hiba a tűzihorganyzott terméken	Megelőzés módja
Horganyhiányok a hegesztési varratokon és környezetükben	Hegesztési salakok eltávolítása, szilikon-mentes feltapadás gátló spray alkalmazása, hibamentes hegesztési varratok
Túl vékony bevonat az éleken	Termikus vágás után néhány tized mm-t le kell munkálni
Horganyhiányok a felületen a hegesztések környezetében	Még hegesztés előtt a felületen levő olajok, zsírok maradványainak eltávolítása
Horganyhiányok a felületen	Festék, lakk, bitumen, ragasztó, öntvényhomok, stb. nyomok gyártás előtti eltávolítása, vastag hengerlési reve, vakrozda eltávolítása

15. táblázat: Gyártásból származó, gyakrabban tapasztalt hibák és hatásaik

7.1.3 Raktározásból adódó gyakoribb hibák

A már elkészített és lecsomagolt acélszerkezet tárolása, raktározása alatt több olyan hibaforrás van, amely leronthatja az amúgy kiváló minőséget. A gyakorlati életben itt tapasztalt eltérések legnagyobb része korróziós kérdésekkel függ össze. A hibákat, okaikat és ellenük tehető intézkedéseket a 16. táblázat tartalmazza.

Hiba a tűzihorganyzott terméken	Megelőzés módja
Erősen fehérrozdás felület	Helyes csomagolás és tárolás, utókezelt bevonat
Elszennyeződött felület	Megfelelő tárolási hely és eszközök
Levált horganybevonat	Stabil, csúszásmentes rögzítés

16. táblázat: Raktározás során tapasztalt hibák és megelőzésük

7.1.4 Szállításból adódó hibák

A szállítási tevékenység alatt több hasonló hibajelenségekkel lehet találkozni, mint a raktározásnál. Ezeket a 17. táblázatban láthatjuk.

Hiba a tűzihorganyzott terméken	Megelőzés módja
Levált horganybevonat	Stabil, csúszásmentes rögzítés
Fehérrozsdás képződés	Megfelelő szállítási körülmények, utókezelt bevonat
Elszennyeződött felület	Megfelelő szállító eszközök és csomagoló anyagok

17. táblázat: Szállításból fakadó általános hibajelenségek és kiküszöbölésük módjai

7.1.5 Acélszerkezetek szereléséből adódó hibák

Ez az a tevékenység, ahol a horganybevonat szempontjából csak néhány művelet jelent kockázatot, de itt is megfelelő hangsúlyt kell adni a termékkezelésnek. A legnagyobb hibalehetőséget a helytelen tárolás, vagy az utólagos darabolás és hegesztés jelentik. A gyakorlatban tapasztalt hibákat és megelőzésük módjait a 18. táblázat tartalmazza.

Hiba a tűzihorganyzott terméken	Megelőzés módja
Levált horganybevonat	Alkalmas emelőeszközök, megfelelő konstrukció
Elszennyeződött felület	Megfelelő emelőeszközök, szerelési körülmények
Korróziós nyomok	Megfelelő konstrukció
Utólagos hegesztés, darabolás	Helyes konstrukció

18. táblázat: Szerelési tevékenységből származó gyakoribb hibajelenségek és megelőzésük

7.2 Bevonat sérüléseinek javítása

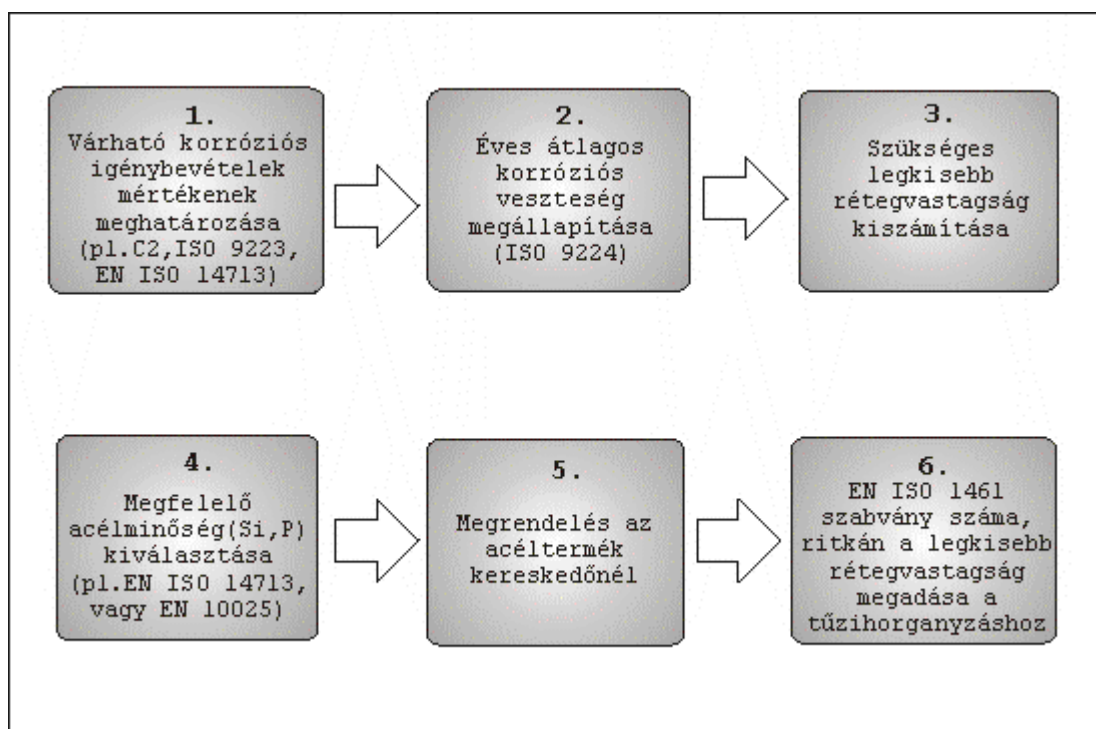
Az MSZ EN ISO 1461:2009 szabvány 6.3 pontja és C melléklete tartalmazza a bevonat esetleges sérüléseikor használható, szabványos javítási lehetőségeket és az azzal kapcsolatos tennivalókat. A kézikönyv 4.1.3 pontjában részletes információk találhatók a hibákkal és javításai módokkal kapcsolatosan. Megjegyezzük, hogy a hibajavítás akár a tűzihorganyzó üzemben, akár egy építkezésen történik, a munkálatokat kellő alapossággal kell elvégezni azért, hogy a védőréteg korróziós tulajdonságai megfelelőek legyenek. Ne alakuljon ki aanyag munkavégzésből adódóan olyan helyzet, melynél egy kis területen adódó rozsdásodás esztétikailag lerontja a teljes szerkezet értékét.

8. Segédlet a tűzhorganyzáshoz ajánlott acélféleségek kiválasztásához

A könyv 8. fejezete segítséget nyújt a felhasználási célnak és az olvadékban történő fémbevonás technológiájához egyaránt megfelelő acélminőség kiválasztásához. A kiválasztást a korróziós követelmények és a kialakuló horganybevonat paraméterei befolyásolják.

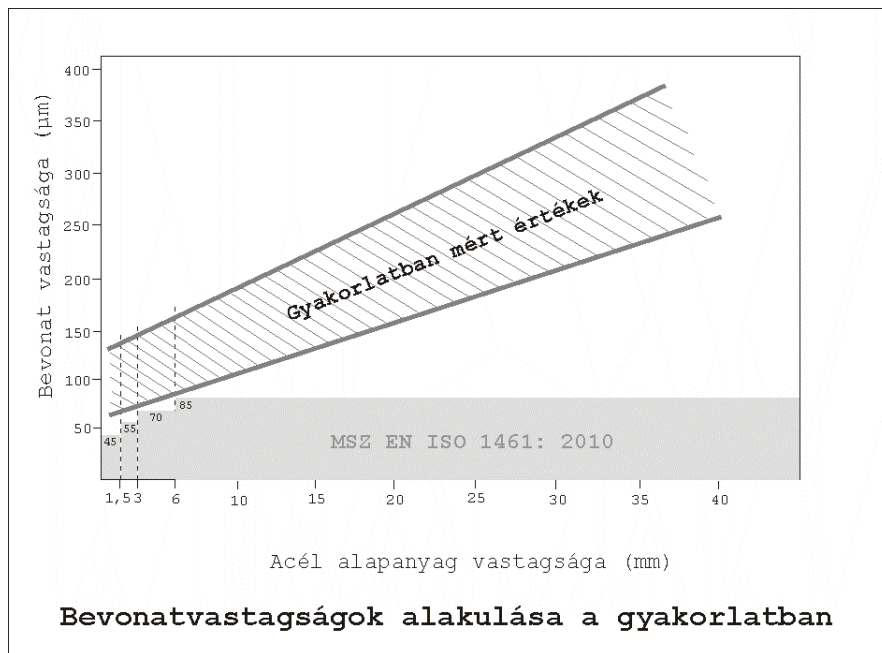
8.1 Acélminőségek helyes kiválasztása a korróziós követelményeknek megfelelően

Ahhoz, hogy egy tervező, vagy a korrózió elleni védelemmel megbízott szakember könnyen meg tudja határozni a számára megfelelő acélminőséget, néhány egyszerű lépésből álló műveletet kell elvégeznie. Ennek kiindulási adata az acélszerkezetet a felhasználás során érő korróziós igénybevételek jellemzői, míg befejező lépése a szükséges (optimális) acélminőség kiválasztása. Az egyszerű lépéssorozatot a 27. kép mutatja be. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a cikk átlagos korróziós veszteségének megállapításánál az ISO 9224 szabvány megfelelő táblázatát javasoljuk használni.



27. kép: Acélminőségek kiválasztásának elvi lépései

Egy acélszerkezeten kialakított horganybevonatot akkor lehet felújítandónak tekinteni, ha maradék vastagsága (a felületen maradt bevonatrész) a 25-30 μm -t már elérte. A technológia sajátossága, hogy azonos acélminőséget feltételezve, minél vastagabb az acélszerkezet anyaga, annál vastagabb lesz a rajta kialakuló bevonat (ezt a tapasztalatot követi az MSZ EN ISO 1461 szabvány vastagságára vonatkozó előírása is - lásd: 25 -26. kép). A gyakorlati tapasztalatok szerint, a ténylegesen kialakuló horganyrétegek vastagsági értékei jelentősen meghaladják a szabványban rögzített legkisebb értékeket (28. kép).



28. kép: Bevonatvastagságok alakulása a gyakorlatban

8.2 Különféle acélminőségek tűzhorganyzásának tapasztalatai

Amennyiben lépésenként végigmegyünk a 8.1 pont alatt meghatározott tevékenységeken - a bevonat küllemét és vastagságát tekintve – általában nem éri semmiféle meglepetés az acélszerkezetek horganyzásának megrendelőit. A következőkben gyakorlati példák bemutatásával lehet még jobban érzékelhetővé tenni a mindennapi életben tapasztalható jelenségeket.

8.2.1 Optimális acélminőség felhasználása, csillogóan fényes védőrétegek

A kiadvány 2.1 pontja részletesen tárgyalja az ajánlott acélminőségek kiválasztásának szempontjait. A 29 - 32. képeken az ún. fényeshorganyzás követelményeit is kielégítő, nagyon tetszetős bevonatok láthatók. Ezek vastagsága megfelel a MSZ EN ISO 1461 szabvány előírásainak, ugyanakkor a lehető leggazdaságosabb megoldást eredményezik.



29. kép: Fényes bevonatok



30. kép: Lépcsőszerkezet fényes horganyzással



31. kép: Horganyzott kerítéselemek



32. kép: Épületszerkezetek tűzhorganyzott kivitelben

8.2.2 Egyéb acélminőségek alkalmazása

A 2.1 fejezet szerint nem csak az optimális kémiai összetételű acélminőségek tűzhorganyozhatók, hanem egyéb szerkezeti acélok, sőt egyes öntöttvasak is. A rajtuk képződő védőrétegek sokszor szürkék, vagy szürke foltosak, esetleg „leopárd-mintásak” de akár fényesek is lehetnek. A felületük minden esetben érdekesebb, mint a 8.2.1 pont alatt

látható horganyrétegeknél tapasztalható. A bevonatuk vastagsága az ajánlott acélminőségeken kialakult fémrétegekének akár 2-3 szorosát is elérheti, de ezek is kielégítik a vonatkozó szabvány előírásait. Esztétikai megjelenésük (vegyes színezet) miatt, néha a megrendelő és a horganyzó közötti nézeteltéréshez vezet. Néhány jellemző példa látható 33. – 36. képeken.



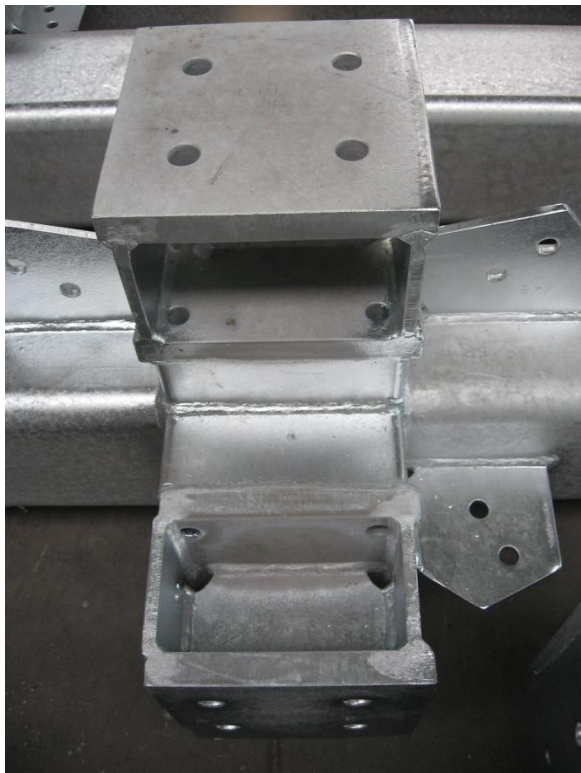
33. kép: Magas szilícium tartalmú acél szürke bevonatai



34. kép: Magas szilíciumtartalmú ($\text{Si} > 0,25\%$) acél horganybevonatai



35. kép: Vastag acélöntvény tűzihorganyozva



36. kép: Bevonatok különböző vastagságú és összetételű acélokon

8.2.3 Acélalapanyag felületi hibáiból adódó hiányosságok

Bizonyos esetekben – elsősorban melegen hengerelt alapanyagoknál, öntvényeknél, hegesztéseknél – minőségi kifogásokhoz vezet, ha nem megfelelően tiszta a munkadarabok felülete. A tűzhorganyzó üzemekben rendelkezésre álló technológia (lásd: 2.2 pont), a legtöbb esetben alkalmas a felületi szennyeződések (reve, rozsda) eltávolítására. Gyakorlatban azonban előfordulnak kritikus esetek, amikor erre nincs lehetőség és néha csak a horganyzást követően derül ki a hiba. A legjellemzőbb problémákat a 37 -40. képek mutatják be.



37. kép: Hegesztési salakok maradványai



38. kép: Hibás hegesztés okozta horganyzó salak maradványok



39. kép: Festékekkel történő jelölés okozta horganyhiányok



40. kép: „Vakrozsdás” felületen kialakult horganyréteg (felül)

9. Tűzhorganyzáshoz alkalmas hegesztési technológia és hegesztőanyag kiválasztása

A hegesztés az acélszerkezetek leggyakrabban használt kötési módja. Az előírások szerint kivitelezett hegesztési technológiánál (varratminőségnél, hegesztési tervnél) hibamentes lesz mind az acélszerkezet alakja, mind pedig a képződő horganyréteg.

9.1 A hegesztés hatásai a tűzhorganyzott acélszerkezetre

A hegesztési folyamat alatt képződő fémömladék összeköti a két anyagrészt, miközben a folyamat során keletkezett hő egy része átszökik a varratot környező anyagrészekbe. Az ún. hőhatási övezet nagysága több tényezőtől függ (bevitt hőmennyiség, anyagvastagság, környezeti hőmérséklet, acélminőség). Ahol az acél kristályszerkezetében maradandó alakváltozások keletkeznek, ott belső anyagszerkezeti feszültségek is kialakulnak. Ezek a feszültségek húzófeszültségek, melyek extrém esetben komoly deformációkat is okozhatnak (hegesztési alakváltozások). Amennyiben mértékük eléri az acél folyáshatárát, akkor ezek a feszültségcsúcsok leépülnek, és helyi anyagfolyások jönnek létre (lásd: 3. fejezet), ez pedig sokszor káros alakváltozásokhoz vezet. A hegesztésből eredő feszültségek rontják az acélszerkezet szilárdsági tulajdonságait. Ezek eliminálása érdekében megfelelő hegesztési tervet kell készíteni.

A kész acélszerkezet tűzhorganyzásakor – a szerkezet anyagának felmelegedése miatt - az acél folyási határa akár 20-30 %-kal csökken, melynek következtében a szobahőmérsékleten még megmaradó (rugalmas) anyagszerkezeti feszültségek egy része feloldódik, ami alakváltozásban nyilvánul meg (lásd: 3. fejezet). Acélszerkezet gyártáskor az egyik alapvető cél a hegesztési (gyártási) feszültségek minimalizálása, illetve kedvezőbb feszültség eloszlási struktúra elérése.

9.2 A hegesztési technológiához kapcsolódó szempontok

A következőkben ajánlásokat fogalmazunk meg a később tűzhorganyzásra kerülő acélszerkezetek hegesztésével kapcsolatosan. Évtizedekre visszanyúló gyakorlati tapasztalatok alapján az alábbi, legfontosabbnak tartott szempontok figyelembe vétele javasolt.

1. Hegesztési terv készítése ajánlott. Ez különösen fontos a bonyolultabb alakú és nagyobb anyagvastagságú acélszerkezetek esetében
2. A hegesztési terv megfelelőségét a gyártás során (nincs-e vetemedés?) le kell ellenőrizni
3. Előnyben kell részesíteni a minél egyszerűbb kivitelezést, a tompa illesztések alkalmazását
4. Megfelelő konstrukcióval csökkenteni kell a hegesztési varratok számát, ezzel kisebbek lesznek a szerkezet terhelő belső feszültségek
5. Amennyire csak lehetséges, a varratok essenek a keresztmetszet súlyponti tengelyének vonalába, ha ez nem oldható meg, akkor a tengelyre szimmetrikusan kell elhelyezni és ahhoz minél közelebb legyenek
6. A varratok erősségét a lehető legkisebbre tervezzék, ami kisebb hő bevitellel és így kisebb belső feszültségekkel is jár
7. A bonyolult hegesztett szerkezeteket minden esetben „belülről-kifelé” haladva kell hegesztetni
8. A konstrukciót összetartó meghatározó, legfontosabb varratokat lehetőség szerint csak a hegesztési folyamat végén kell létrehozni
9. A kész varratok felülete salakmentes, anyaga hibátlan és zárványmentes legyen.
10. A védőgázos hegesztéseket a bevonatos elektródával történő eljárással szemben előnyben kell részesíteni

Egyéb hibaforrások

Amennyiben a hegesztési folyamat során deformációt tapasztalnak, a szerkezet egyengetésénél a lehető legnagyobb óvatossággal kell eljárni. Az egyengetés történhet hőbevitellel (közepes lánggal), illetve hidraulikus egyengető berendezéssel. Ilyenkor azzal is számolni kell, hogy a tűzhorganyzás során csekélyebb, de ismételt alakváltozások léphetnek fel.

Amennyiben az acél alapanyaghoz viszonyítva jelentősen eltérő szilícium-tartalmú hegesztő anyagot használnak, a hegesztési varrat felületén eltérő színű és vastagságú horganybevonat alakul ki (41. kép). Ez főleg simára köszörült felületeken lehet szembetűnő (42. kép).



41. kép: Hegesztési varrat magas szilícium-tartalommal

A hegesztési folyamat alatt (védőgázos hegesztés), gyakran használnak fémcsepp feltapadás gátló spray készítményeket. Ilyenkor a hegesztési zónában egy vékony réteget visznek fel, amely egyes esetekben a varrattal párhuzamosan futó horganyzási hibákat okozhat (43. kép). Ezért kerülni kell a szilikon-tartalmú szerek használatát.



42. kép: Leköszörült, magas szilícium-tartalmú hegesztési varrat



43. kép: Szilikon-tartalmú spray használatának következményei

10. Duplex védelem jelentősége

A tűzihorganyzás légköri korróziós igénybevételeknél, a legtöbbször hosszútávra szóló (> 40 év), kitűnő védelmet biztosít. Vannak azonban olyan követelmények, amikor a fémréteget pótlólagosan még festéssel kell ellátni (duplex-védelem). Ezek közül a legfontosabbak, melyek a duplex-védelem alkalmazását indokolhatják:

- Különösen hosszú korrózióvédelmi időtartam
- Extrém korróziós hatások (C5, CX korróziós kategóriák ISO 9223 és ISO 9224 szerint)
- Színjelölések alkalmazása az objektumokon
- Kontakt-korrózió elkerülése
- Különleges esztétikai követelmények

10.1 A duplex védelem elve és élettartama

Amikor a horganyréteget utólagosan további festékbevonattal látják el, napjaink egyik leghatékonyabb védelmi módszerét kapják. Az eljárás hatékonysága a szinergia-hatáson alapszik, melynek megfelelően a két védőréteg egymás hatását erősíti, így együttesen hatékonyabbak, mint külön-külön meglevő védőértékük összege.

$$\text{ÉT}_{\text{duplex bev.}} = (\text{ÉT}_{\text{th.bev}} + \text{ÉT}_{\text{festék}}) \times 1.2-2,5 \quad (\text{ÉT} = \text{élettartam})$$

A védőbevonat-rendszer megvalósításakor – egy megfelelő felület előkészítést követően - a frissen, vagy akár a korábban horganyzott acélszerkezet felületére alkalmas technológiával egy-, vagy többrétegű festéket visznek fel (44 – 45. kép).



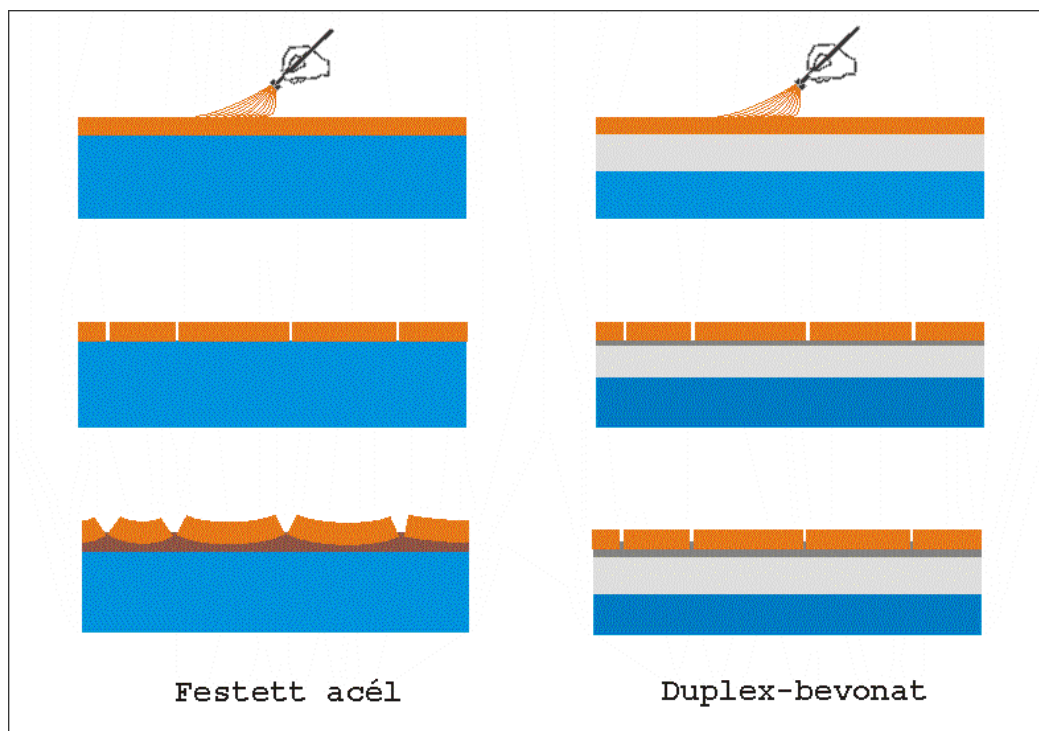
44. kép: Duplex-bevonat



45. kép: Duplex bevonat

A szinergia-hatás az alábbi tényezőknek köszönhető:

- A festék megakadályozza a horgany korrózióját
- A horgany megakadályozza a festékréteg leválását (nincs alározsdásodás, mint a vasnál)
- A horganyréteg korróziótermékei eltömítik a festékben kialakuló repedéseket (46. kép).



46. kép: A duplex-védelem lényege

Alkalmazásának legfontosabb indoka, hogy extrém korróziós igénybevételeknél is igen hosszú élettartamot biztosít a védőbevonatnak. Az így kapott kombinált rendszer ugyanolyan alkalmazási feltételek mellett, akár 2-3-szor nagyobb tartósságot nyújt, mint maga a horganybevonat.

10.2 A horganybevonattal szemben támasztott minőségi követelmények

A horganybevonatnak az MSZ EN ISO 1461 szabványban foglaltaknak kell megfelelni, amennyiben erre a megrendelő más előírást nem állapít meg. Mivel a horganyzott szerkezet festése különleges követelményeket állít, ezért a 19. táblázatban szereplő szempontokat célszerű figyelembe venni.

Szempont	Következmény
Tűzhorganyzás után utókezelt felület (olajozás, viaszolás, vízben történő hűtés, stb.)	Általában negatívan befolyásolja a festékréteg tapadását, ezért a horganyzó üzemmel ezt még bevonás előtt ajánlatos egyeztetni
Vastag, matt-szürke, esetleg „leopárd-mintás” horganybevonat	Mechanikus felülettisztítás (sweep-szórás) bizonyos acélminőségek esetén bevonat leválásokat eredményezhet. Ezért javasolt az optimális acélminőség (2.1 fejezet) és fontos az ajánlott szemcseszórási paraméterek alkalmazása
Durva hengerelt acélfelületek, reve nyom, felületi felszakadások, hengerlési hibák	Meglátszik tűzhorganyzást és festést követően is, ezért – még gyártás előtt – szemcseszórással kell megtisztítani az acélalapanyag felületét
Rossz hegesztés, fröcskölések, durva köszörülések, le nem simított felület	Meglátszik a bevonást követően is, ezért gyártáskor gondoskodni kell a megfelelő technológiáról

19. táblázat: Ajánlások a megfelelő festék-alap kialakításához

11. Gyakoribb hibajelenségek képekben



47. kép: Eltérő acélminőségek és alapanyag típus



48. kép: Nem optimális acélminőség bevonata



49. kép: Helytelenül kialakított átlapolás következménye



50. kép: Felragasztott papírcímke nyoma



51. kép: Nem megfelelő minőségű hegesztés, salakosság



52. kép: Horganyzott felületre utólag rákerült fémforgács



53. kép: Szennyezett alátétfa következménye felületszennyezés



54. kép: Hőfoltosság (szürke elszíneződés) a túl lassú lehűlés következtében



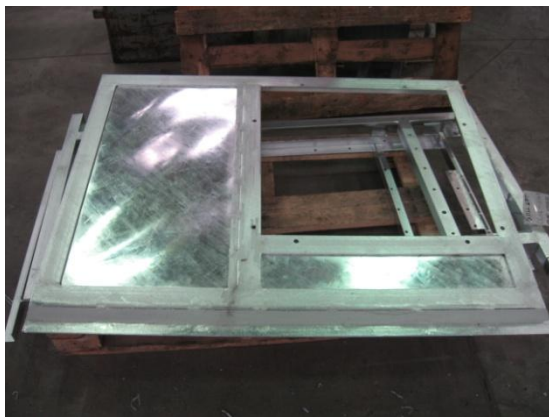
55. kép: Köszörülés nyoma



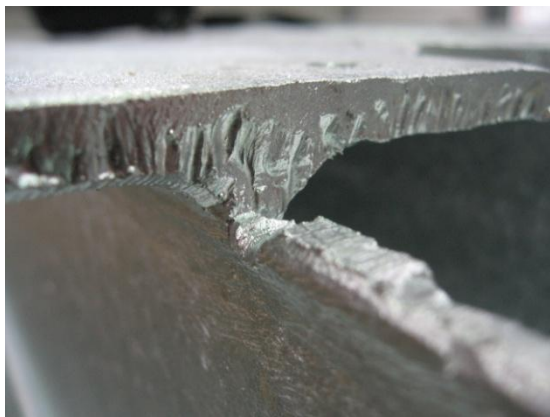
56. kép: Légzsák a hiányzó technológiai nyílás miatt



57. kép: Horgany megfolyás a nem megfelelő helyre fúrt technológiai furat miatt



58. kép: Hullámos lemezfelület a merevítés hiánya miatt



59. kép: Le nem munkált lángvágott felület képe



60. kép: A megmunkáló szerszámok nyomai horganyzás után is láthatók

This publication has been produced with the kind support of the International Zinc Association (IZA).

Ez a kiadvány a Nemzetközi Horgany Szövetség (IZA) szíves támogatásával készült



We express our gratitude to the European General Galvanizers Association (EGGA) for their widespread support .

Kifejezzük köszönetünket az Európai Általános Horganyzók Szövetségének (EGGA) a széleskörű támogatásért.

EGGA



**MAGYAR
TŰZIHORGANYZÓK
SZÖVETSÉGE**