

Korrózió elleni védelem tűzihorganyzással



Tervezési irányelvek

2009

Ajánlás:

A kiadvány olyan információkat tartalmaz, amelyek elengedhetetlenül szükségesek azok részére, akik beruházásaiknál, vagy munkájuk során tűzihorganyzott acélszerkezetekkel foglalkoznak. A dokumentum a technológia rövid bemutatása mellett, fontos információkat tartalmaz a legfontosabb konstrukciós irányelvekkel és korróziós ismeretekkel kapcsolatosan is, ugyanakkor további lényeges információk találhatók meg benne, egyebek mellett, a gazdaságossági kérdésekre vonatkozóan. Ajánljuk továbbá mérnököknek, műszaki és gazdasági szakembereknek, de magánszemélyek részére is, akik érdeklődnek a korrózió elleni védelem lehetőségei felől.

Kiadja:

A Magyar Tűzihorganyzók Szövetsége
2400 Dunaújváros, Gőzmalom u. 6.
www.hhga.hu
info@hhga.hu

Tartalom:

	Oldal
1. A horgany(cink) korrózióvédelmi szerepe	1
2. A „horganyzás” szó több más eljárást jelenthet	3
3. Gazdaságos megoldás, karbantartásmentes védelemmel.....	4
4. A technológia	5
5. Konstrukciós követelmények.....	9
6. Vonatkozó szabványok.....	15
Felhasznált irodalom.....	16

Figyelem!

Ebben a tájékoztató kiadványban megtalálható információkat a kiadó a legnagyobb gondossággal állította össze. Ugyanakkor nem vállal felelősséget a kiadvány használatából eredően bekövetkező kárért és veszteségért. A kiadványban található információk, képek bármilyen formátumú sokszorosítása csak a kiadó írásos engedélyével történhet.

1. A horgany (cink) korrózióvédelmi szerepe

A vas (acél) legfontosabb fémünk, gazdaságossága és felhasználhatóságának lehetőségei összehasonlíthatatlanok bármely más fémrel. Mechanikai tulajdonságai a legszélesebb alkalmazási spektrumot biztosítanak számára, és ipari jelentőségét tekintve, lényegében egy olyan tulajdonsága van, amely nehézséget jelent, ez pedig, a vas korrózióra való hajlama.

A korrózióálló acélok alkalmazása – főként gazdaságossági kérdések miatt – erősen korlátozott, ezért a tömegacélok nagytömegű védelmére különféle védő eljárásokat fejlesztettek ki. Ezek lehetnek „aktív” és „passzív” védelmi megoldások. Aktív védelem lehet például elektrokémiai védelem, megfelelő konstrukciós kialakítások, stb., míg a passzív eljárások között legfontosabb technikákat a különféle fémes és nemfémes bevonatok jelentik. A fémes bevonatok között a cink (horgany) fém alkalmazása vezető szerepet tölt be.

1.1. A bevonat korróziós ellenállása

A tűzhorganyzás egy sokoldalú védelmi eljárás, melynek segítségével kiváló korróziós, fizikai és mechanikai tulajdonságokkal rendelkező fémbevonatot visznek fel az acél (öntöttvas) tárgyak felületére. A bevonat korrózióálló, ütésálló, hőálló és a legtöbb vegyi hatásnak is ellenáll.

Szellőztetett belső terekben (száraz, nedves)	A legtöbb fajta esetében (itt szakember tanácsát ki kell kérni)
Atmoszférikus igénybevételnél, a legtöbb korróziós osztályban	Sok fémrel kapcsolatban (amennyiben nincs jelen állandó nedvesség)
Víz alatti korróziós hatásoknál, 60°C-ig	Általában maximum 200 °C hőmérsékletig
A legtöbb földfajtnál (itt szakember tanácsát ki kell kérni)	Vegyi hatások esetén (itt szakember tanácsát ki kell kérni)

1. táblázat: A tűzhorganyzás javasolt alkalmazási területei

A horganybevonatok rendeltetése a korrózió elleni védelem, mely kisebb-nagyobb mechanikai igénybevétellel is párosul. Az **1. számú táblázatból** látszik, hogy a horganybevonatokat nem csak légköri igénybevétel esetében lehet használni, hanem egyéb más területeken is eredményesen alkalmazható. Korrózió elleni védelemre szolgáló bevonatok tervezésénél is, mint minden esetben, a végleges döntés előtt meg kell vizsgálni, hogy az adott területen alkalmas-e a tűzhorgany bevonat a korróziós igénybevételek ellen. A tűzhorganyzás nem alkalmas savas, vagy erősen lúgos közegekkel szemben, a magasabb hőmérsékletet (200 °C felett) tartósan nem bírja, érzékeny a nagyon lágy vízre. Viszont problémamentesen alkalmazható például nagyon sok szerves anyaggal szemben. Alkalmazása a legtöbb építőanyaggal együttesen nem jelent problémát, de a magas nedvességtartalmú speciális fajtáknál már nem ajánlható, vagy például savas kémhatású talajoknál csak járulékos védőintézkedések mellett alkalmazható. Klasszikus alkalmazási területei az atmoszférikus igénybevételek.

1.1.1. A tűzhorgany bevonatok korróziós élettartama

Több évtizedes tapasztalatok alapján különféle táblázatokban és grafikonokon lettek összefoglalva a horganybevonatokra vonatkozó korróziós ráták (MSZ EN ISO 14 713).

Kód	Korrózívítási kategória	Korróziós igénybevétel	Korróziós sebesség (µm/év)
C1	Beltéri: száraz	Nagyon kicsi	≤0,1
C2	Beltéri: alkalmanként páralecsapódás, Kültéri: szabadon álló vidéki belterület	Kicsi	0,1 – 0,7
C3	Beltéri: nagy nedvességtartalom, közepes légszennyezettség. Kültéri: városi belterület, vagy enyhe tengeri klíma (partvidék).	Közepes	0,7 – 2,0
C4	Beltéri: uszodák, vegyi üzemek, stb. Kültéri: ipari belterület, vagy városi-tengerparti klíma.	Nagy	2,0 – 4,0
C5	Kültéri: nagy nedvességtartalmú ipari terület, vagy nagy sótartalmú tengerpart.	Nagyon nagy	4,0 – 8,0
Im2	Tengervíz mérsékelt égövi területeken.	Nagyon nagy	10,0 – 20,0

2. táblázat: Korróziós mutatók különböző klímákban

A vizsgálatok során az egyes korróziós klímákat többféle csoportba sorolták. Minden egyes klímátípusban kellő mennyiségű vizsgálatot végeztek el annak érdekében, hogy a korrózióvédelmi tervezéshez jól felhasználható adatsorokat nyerjenek (**2. táblázat**). A közölt adatok a jelenleg aktuális értékeket mutatják, azonban a légköri szennyezés csökkenése/növekedése esetén hosszabb távon felül lesznek vizsgálva a megadott értékek.

Az elmúlt évtizedekben Európában jelentősen csökkent az ipari üzemek és az energiaipar természeti környezetünket érintő szennyezése és ez pozitív hatással volt a cink védelmi időtartamára is. Ennek következtében a cink korróziós élettartama ma lényegesen hosszabb, mint 20-30 évvel ezelőtt. Több tudományos kutatás szerint bebizonyosodott, hogy a savas esőkért leginkább felelős kén-dioxid kibocsátás csökkenésével arányosan egyre alacsonyabb a cink korróziójának sebessége is. A Európában egyre csökkenő környezetszennyezés miatt a cink egyre hosszabb korróziós élettartamával kell számolni. A cink védelmi időtartama azt jelenti, hogy ezen időtáv alatt a horganyréteg biztosítja az alapfém(acél) korrózió menntességét (**1. ábra**). Amikor a horganyréteg korrodálódik, a felületén főleg bázikus cink-karbonátokból álló védőréteg alakul ki. Ez rendkívül tartós és vízben csak nagyon nehezen oldódik. Az oxidáció miatt a bevonat elveszti eredetileg ezüstös-fényes színezetét, s az így kialakuló horganyréteg világosabb, vagy sötétebb szürke színű lesz. Egyes esetekben előfordulhat, hogy a vas-cink ötvözetű rétegek felületén vöröses-barna elszíneződés alakul ki, mely alatt általában még jelentős horganyréteg van, ez továbbra is védi az alapfémeket a korróziótól. Amennyiben meg kell győződni a horganybevonat vastagságáról, méréseket kell végrehajtani és ha a mért vastagsági értékek

30 μm alá esnek, célszerű a horganybevoant karbantartásáról gondoskodni (újrahorganyzás, festés).

$$T_{\text{véd. (év)}} = \frac{Zn_B - Zn_{\text{Min}}}{V_F}$$

Zn_B = Kiinduló bevonatvastagság (μm)
 Zn_{min} = Minimális bevonat vastagság a felhasználás során (μm)
 V_F = Átlagos bevonat fogyás ($\mu\text{m}/\text{év}$)
 $T_{\text{véd. (év)}}$ = Várható védelmi időtartam

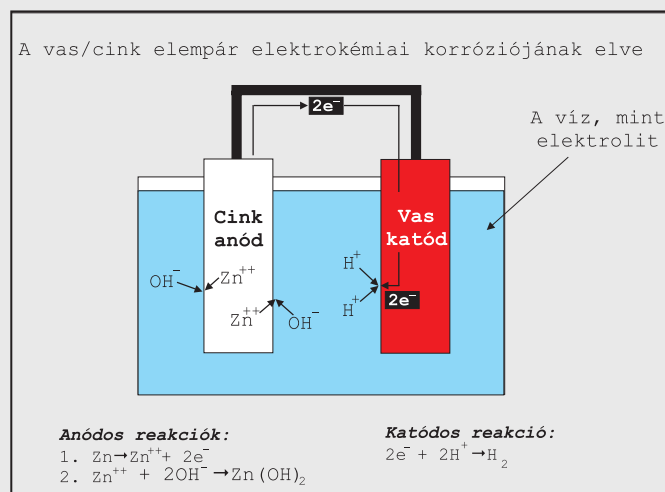
1. ábra: A várható védelmi időtartam számítása

Ma a legtöbb európai országban az átlagos cinkvesztés jelentősen 2 $\mu\text{m}/\text{év}$ alatt van. A tűzhorganyzás által elérhető bevonatvastagság átlagosan 50-150 μm között van, emiatt hosszú évtizedekre megoldott korrózió elleni védelemmel lehet számolni.

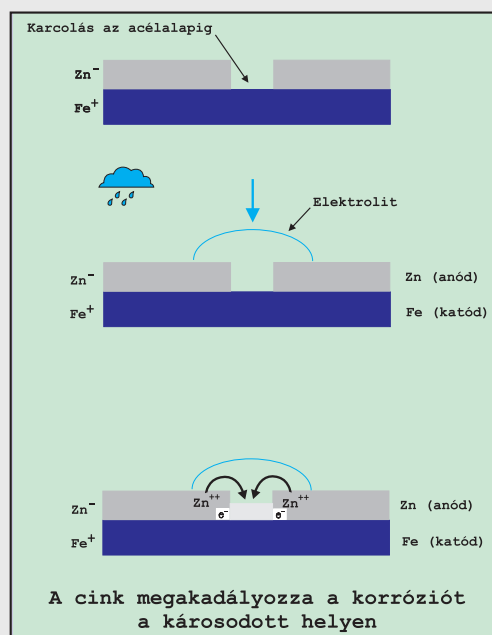
1.1.2. A cink katódosan védi az acélt

A különféle acélszerkezetek szállításakor, tárolásakor és szerelésekor nagy jelentősége van a bevonat mechanikai tulajdonságainak. A horganybevonat tulajdonságai kiválóak, ám óhatatlanul előfordulnak kisebb sérülések a fémrétegen. Ilyenkor, kisebb sérülések esetében további védelmet jelent a cink katódos védőhatása.

A Zn (-763 mV) és Fe (-440 mV) a fémek elektrokémiai potenciál sorában elfoglalt helyük miatt kedvező helyzetet teremtenek, amennyiben a horganyréteget olyan sérülés éri, hogy az a bevonatot károsítva az alapfémig hatol. Ilyenkor ugyanis elektrolit jelenlétében (az elektrokémiai korróziót lehetővé tevő nedvesség), a cink fog korrodálódni és korróziós termékei eltömítik a kisebb sérüléseket, ezáltal megvédi az acélalapot a korróziótól. Az elektrokémiai korrózió a legjellemzőbb korróziófajta, mellyel szinte mindenhol találkozunk. A Fe/Zn korróziós elempárnál a cink(Zn) lesz az anód (oldódó pólus), mely Zn-ionok keletkezésével oldatba megy, míg a vas(katód) más a vasat nem károsító folyamatok játszódhatnak le. Ez mindaddig folyik, ameddig a cink jelen van a sérülés környezetében (2-3. ábra).



2. ábra: Az elektrokémiai védelem



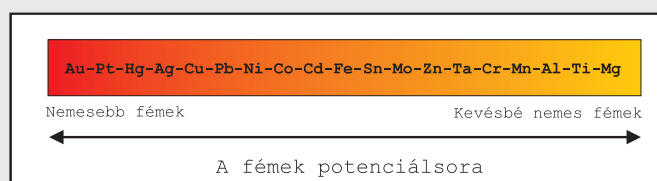
3. ábra: A cink katódos védőhatása

A cink katódos védőhatása $\sim 60^\circ\text{C}$ hőmérsékletig biztosítja a katódos védelmet. E felett megfordul a polaritás és már nem a cink, hanem a vas lesz az áldozati anód. Hőcserélők, magasabb hőmérsékleten működő szerkezetek, tartályok esetén célszerű figyelembe venni a cink katódos védőhatására vonatkozó szempontokat.

A katódos védelem jelentőségét túlbecsülni nem szabad. A gyakorlati életben 2-3 mm-nél nagyobb „hatótávolsággal” nem lehet számolni. A katódos védelem erősen függ a korróziós közeg jellemzőitől is. Egy-egy sérülés hossza helyett annak szélessége a legfontosabb jellemző.

1.1.3. Az elektrokémiai korrózió lehetőségét ki kell zárni

A gyakorlati életben többször előfordul, hogy különböző fémeket kell valamilyen kapcsolattal egy szerkezetté egyesíteni. Ebben az esetben, ha a különböző fémek között fémes kapcsolat van, és elektrolit (pl. víz) van jelen, akkor elektrokémiai, vagy kontakt korrózió léphet fel. A korrózió elmélete szerint ugyanis az eltérő anyagi minőségű fémek ugyanazon körülmények között eltérő mértékben korrodálódnak, a nemesebb fémek korróziós tönkremenetele kisebb, mint a kevésbé nemes fémeké. Ezt az egyes fémek eltérő elektródpotenciálja (4. ábra) okozza.

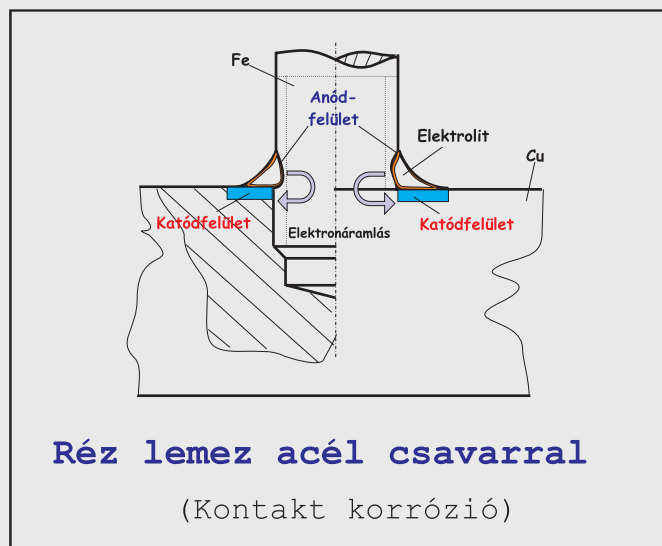


4. ábra: A fémek potenciálsora

Amennyiben két fém fémesen összeépítésre kerül és elektrolit van jelen, akkor a két eltérő fém közötti kontakt korrózió miatt megváltozik a külön-külön észlelhető korróziójuk. A fémes érintkezés miatt a nemesebb fém korróziója csökken, míg a kevésbé nemes növekszik. Ennek oka, hogy a korróziós

2. A „HORGANYZÁS” SZÓ TÖBB MÁS ELJÁRÁST JELENTHET

„cellában” a nemesebb fém lesz a katód, ahol a katódos redukciók zajlanak, míg a kevésbé nemes fém lesz az anód, ahol az oxidációs folyamatok folynak (a fém ionos formában oldódik). A nemesebb fém korróziója csökken, vagy teljesen meg is szűnhet, míg a kevésbé nemesé nő. Ezt tapasztaljuk például, ha réz lemezt vas (szénacél) csavarokkal kötünk össze. A csavarok rövid időn belül károsodást szenvednek (5. ábra). De hasonló jelenség játszódik le, ha korrózióálló acél lemezeket horganyzott csavarral kötnek össze.



5. ábra: Kontakt korrózió vas és réz között

A kontakt korrózió megelőzésére, illetve a károk csökkentésére az alábbi módszerek használatosak:

- Azonos fémek, ötvözetek összeépítése.
- Olyan fémek(ötvözetek) összeépítése, melyeknél csak kis potenciálkülönbség lép fel.
- A kevésbé nemes fémek felületei nagyok legyenek a nemes fém felületéhez képest.
- A kevésbé nemes fém falvastagsága lényegesen nagyobb legyen.

2. A „horganyzás” szó több más eljárást jelenthet

A horgany alkalmazása esetén, több védelmi megoldás lehetséges.

Így a

- tűzhorganyzás (folyamatos és szakaszos)
- elektrolitikus (galván) horganyzás
- fémiszórás horganyval
- fémbevonatok horganypor, vagy lemez felhasználásával (sherardizálás, mechanikus plattírozás)
- galván-anódos védelem horganyval
- szerves (festék) bevonatoknál finom horganyszemcse, mint pigment.

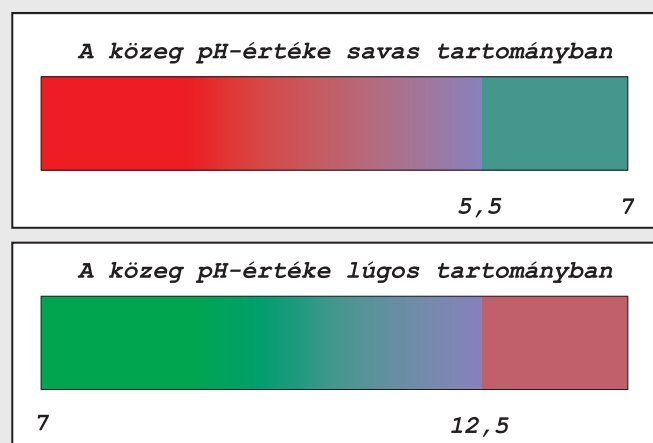
A fentiek alapján látszik, hogy a „horganyzás” szó többféle védelmi lehetőséget takar, ezért tisztában kell lenni a szakembereknek az egyes technikák adta lehetőségekkel.

A korrózió ellen védő bevonatoknál döntő jelentősége van a védőréteg vastagságának. Tehát a megfelelő eljárás kiválasztásánál a várható védőbevonat vastagságokat feltétlenül figyelembe kell venni (3. táblázat).

- A két fém tökéletes – fémes érintkezés nélküli – elszigetelése egymástól.
- Egyik fémen egy megfelelő fémből készített, vagy festék bevonat alkalmazása, vagy mindkét fém bevonása, azaz elszigetelése az elektrolittól.

1.1.4. A tűzhorgany bevonat viselkedése savas és lúgos folyadékokban

A savas és lúgos közegek erősségét ún. pH-értékkel fejezik ki. Az alacsony pH-értékek savas, míg a magasak lúgos kémhatásra utalnak. A semleges pH-érték 7. A tűzhorganyzott szerkezetek használata savas közegekben 5,5 pH-értékig lehetséges, ez alatt egyre erősebben oldódik a cink, alkalmazása önálló bevonatként nem ajánlható (6. ábra).



6. ábra: A cink viselkedése savas és lúgos tartományokban

A horganybevonatok lúgos közegekkel szemben sokkal tartósabbak, mint a savakkal szemben. 12,5 pH-értékig tartósak, csak e felett lehet számítani a bevonat károsodására. A savas, illetve lúgos közegben történő alkalmazás esetében ki kell kérni szakember véleményét, mert más tényezők is befolyásolják a horgany viselkedését.

Eljárás megnevezése	Van-e ötvözetű réteg	Szokásos bevonat vastagság (μm)
Darabáru tűzhorganyzás (szakaszos tűzhorganyzás)	van	50- 150
Lemezhorganyzás (folyamatos tűzhorganyzás)	van	15-40
Huzal horganyzás (tűzi)	van	5-30
Termikus fémiszórás	nincs	80-150
Elektrolitikus horganyzás (galvanizálás)	nincs	5-25
Sherardizálás	van	15-25
Plattírozás	nincs	10-20

3. táblázat: Különböző horganyzási technikák összehasonlítása

A bevonatok vastagsága mellett fontos még a bevonatok szerkezete is. Egyes bevonatok (tűzi+sherardizálás) tömör, ötvözetű rétegekből is állnak és így is kötődnek a vasalaphoz. A fémiszórás esetében porózus bevonati szerkezettel kell számolni.

3. Gazdaságos megoldás, karbantartásmentes védelemmel

3.1. Korrozíóvédelmi eljárás kiválasztásának gazdasági kérdései

Egy vállalat működtetése, vagy egy jövőbeni sikeres beruházás esetén a tulajdonosokat kivétel nélkül egy cél vezérli, a profitmaximalizálás, azaz a lehető legnagyobb üzleti nettó nyereség elérése, mégpedig hosszú időtávon keresztül. Ennek érdekében olyan hatékony befektetésre törekednek, melynek során egységnyi befektetett tőkéjükre – az adott befektetési területen – a lehetséges maximális hozamot érik el, közben az ezzel kapcsolatos kockázatokat minimalizálni igyekeznek. Célfüggvényeik tehát:

Hozam → maximalizálás
Kockázat → minimalizálás

Ennek a szemléletnek igaznak kell lenni a gazdaságban működő valamennyi szereplőre, a gyártóra, kereskedőre, szolgáltatóra, bankra, stb., így a beruházókra. Egy-egy befektetés előtt a beruházó alapos elemzésének kell megelőzni a végleges döntését. Ez tőkebefektetés esetén annyit jelent, hogy gazdasági elemzésekkel értékeli a lehetséges döntési alternatívákat, majd kiválasztja a számára még elfogadható kockázattal járó és egyben a legnagyobb hozamot ígérő befektetést. Ilyen инвестиáció lehet például egy új autógyár építése, gyorsított termelés létrehozása, vagy éppen egy gyártócsarnok építése és abban valamiféle gyártási tevékenység végzése. Az egyes befektetési lehetőségek értékelése során a kockázatminimalizálás és a hozammaximalizálás céljai mindig kéz a kézben járnak.

Ugyanez a megközelítés igaz példaképpen, amikor egy újonnan épülő acél csarnokszerkezet korrozíó elleni védelmét vizsgáljuk. Ez is egy költséges és alapos elemzést igénylő befektetés. Itt a kockázatot a védelmi eljárás minősége és tartóssága, míg a hozamot a védelem költségeiből történő megtakarítás fogja jelenteni. A befektetést pedig, a kiválasztott korrozíóvédelmi eljárás létrehozásához és az üzemelés alatti fenntartásához szükséges pénzráfordítások fogják képezni.

Alternatív korrozíóvédelmi technológiák gazdaságosságának értékelése

A példa lerövidítése érdekében a korrozíóvédelmi technológia kiválasztását már megelőzte több másik döntés (pl. hogy a befektető nem részvényekbe, hanem ipari termelésbe fektet be hosszú távra, és az, hogy acélszerkezetű csarnokot épít, nem pedig vasbetonból, vagy más szerkezetből készített azt). A megvalósításra kerülő csarnokszerkezet esetében alapvető célunk az lesz, hogy a védőbevonat (bevonatrendszer) a beruházás működésének teljes időtartamára biztosítsa az acélszerkezet megbízható védelmét, az üzemelés során, de annak megszűnte után sem jelenthet a még elfogadhatónál nagyobb kockázatot környezetére. Ennek a célnak számos védelmi eljárás megfelel, melyet a szakértők ajánlanak számunkra. Ezekből ki lehet választani azokat, melyek az alapcélnak megfelelnek, így ezek a technológiák lesznek a lehetséges alternatívák, melyeket gazdaságilag értékelni kell. Így lényegében már eleget tettünk legfontosabb kockázatminimalizálási célunknak (az előre nem tervezhető korrozíós hatások és üzemeltetési bizonytalanságok adják a reziduális

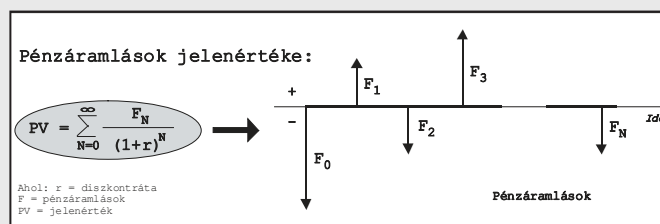
kockázatokat). Egy acélszerkezetnél jelentős költségeket jelentenek a korrozíóvédelemre fordított összegek. Tehát a még „versenyben maradt”, jónak értékelt technológiák közül kell kiválasztani a legjobbat, mely nemcsak képességeivel, hanem létrehozásának és fenntartásának költségeivel is a leghatékonyabban fogja szolgálni a beruházás teljes élettartama alatti profitmaximalizálási célt. A kiválasztás annyiból áll, hogy a létesítmény tervezett élettartama során a legkisebb költséggel megvalósítható, működtethető és megszüntethető megoldást (a beruházó számára legpozitívabb pénzáramlásokat eredményező) kell választanunk. A korrozíó elleni védelmet tervező szakember célfüggvénye tehát:

Élettartam költség_{kor} → minimum

Egy-egy termelő beruházás, vagy más összetett tevékenység gazdasági értékelése természetesen bonyolult feladat, azonban esetünkben lényegesen könnyebb a helyzetünk, mert csak az általunk még versenyben tartott alternatív korrozíóvédelmi technológiákkal tervezett acélszerkezetes épület kivitelezéséhez és fenntartásához szükséges jövőbeni pénzáramlásait kell összehasonlítani. Ez viszonylag egyszerűen megtervezhető pénzkifizetés-pénzbevétel sorozatot jelent. Általános esetben egy acélszerkezetes csarnok „élete” során a következő legfontosabb pénz kifizetésekkel és bevételekkel (előjeles pénzáramlásokkal) lehet kalkulálni.

- Tervezés költségei (-)
- Acélszerkezet gyártás költségei (-)
- Acélszerkezet szerelés költségei (-)
- Első korrozíóvédelem költségei (-)
- A védelem fenntartásának költségei (felújítások) (-)
- Rendkívüli károsodások költségei (haváriaköltségek) (-)
- A szerkezet elbontása és megsemmisítése pénzügyi hatásai, vagy maradványértékből származó bevételek (-), vagy (+)

Mivel a „feladat végrehajtás” során nem keletkeznek bevételek, ezért ezekkel nem is lehet számolni. Lényegében csak kifizetések (negatív előjeles pénzáramlások) lesznek (az esetleges maradványérték kivételével, mert ez pozitív lehet). A tervezett beruházás élettartama során – mely akár több évtized is lehet – fontos szempont az időtényező, mely pénzünk értékének változásában, a banki kamatok hatásaiban stb. nyilvánul meg. A fentiek figyelembe vétele érdekében a „jelenérték-számítás” (PV: Present Value) módszereit alkalmazzuk. Segítségével a jövőben várhatóan fellépő pénzáramlásokat a jelenbe vetítve (mintha most lépnének fel) összehasonlítjuk az egyes korrozíóvédelmi lehetőségek (mint alternatívák) kapott eredményeit (7. ábra).



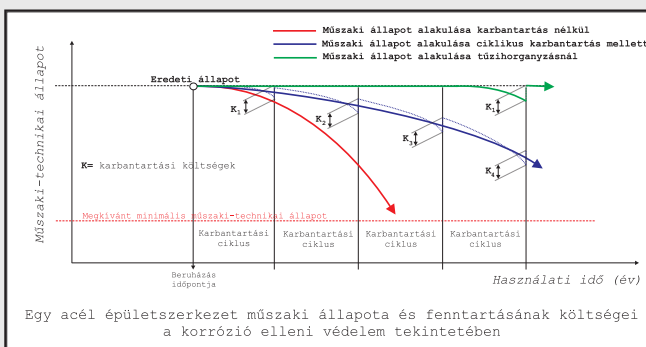
7. ábra: Gazdasági elemzés jelenérték (PV) számításal

A számítási módszer alaposabb bemutatását elhanyagolva könnyen belátható, hogy a számunkra legkedvezőbb jelenértékű alternatíva (legpozitívabb, vagy esetünkben a legkevésbé negatív) fogja adni a korrózióvédelemben a várhatóan legjobb befektetést. Gyakorlatban az ún. nettó-jelenérték számítást (NPV: Net Present Value) javasoljuk, amikor a kezdeti (első) beruházás költségeiből (-) levonjuk a pozitív jövőbeni pénzáramlásokat (+), illetőleg esetünkben hozzáadjuk a jövőbeni negatív pénzáramlásokat (pl. felújítások költségei) jelenértékeit. Ezt minden korrózióvédelmi lehetőségre elvégezve az összes alternatíva közül most már a számunkra legkedvezőbb eredménnyel járó megoldást tudjuk kiválasztani.

Tehát nagyon lényeges szempont, hogy egy korrózióvédelem költsége nem csak az első védelem költségéből áll, hanem a védelem fenntartására fordított pénzösszegek is nagyban befolyásolják az adott befektetés (korrózióvédelem) gazdaságosságát. Gyakorlati számítások szerint egy 25 év élettartamú projekt esetében 60-100 %-kal nagyobb költségek adódnak egy festett acélszerkezetek esetében – amennyiben gondoskodnak a szükséges felújításokról –, mintha a tűzihorganyzást választották volna.

3.2. „Karbantartásmentes” védelem tűzihorganyzással

A fentiek alapján a tűzihorganyzás – a horganyréteg tulajdonságaiból adódóan – akár évtizedeken keresztül felújítás nélkül ellátja feladatát (8. ábra).



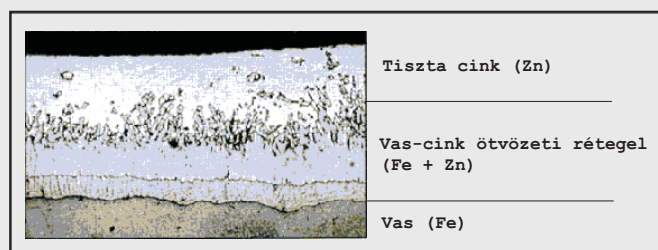
8. ábra: Egy átlagos épületacélszerkezet karbantartási költségeinek alakulása a felhasználás során

A tűzihorganyzott acélszerkezetek általában több évtizedig karbantartás nélkül használhatók. A bevonat tervezésénél a megfelelő irányelveket (MSZ EN ISO 14713) kell figyelembe venni. Ezek alapján előírható a horganybevonat minimális vastagsága. Természetesen nem lehet figyelmen kívül hagyni a technológiai adottságokat (MSZ EN ISO: 1461). Acélszerkezeteknél – átlagos lemezvastagságnál – egy tűzihorgany bevonatot akkor lehet „felújítandó”-nak tekinteni, amennyiben a mért vastagsági értékei elérik a 30 μm -t. Ekkor vagy ismételt horganyzása szükséges a szerkezetnek, vagy megfelelő felülettisztítás után festékréteg(ek) felhordásával a kiváló védelmet nyújtó ún. DUPLEX-rendszerhez jutunk, melynek élettartama további jelentős védelmi tartalékot jelent.

4. A technológia

4.1. Az eljárás elve

A tűzihorganyzási technológia során a bevonandó acéltermékek felületén többfázisú, termodiffúziós horganyréteg alakul ki, mely kohéziós kapcsolattal kötődik a fémalaphoz. Tűzihorganyozhatóak az ötvöztelen, vagy gyengén ötvöztött acélok és öntöttvasak. A tényleges tűzihorganyzás folyamata az elsősorban cinkből álló fémolvadékban játszódik le, a bevonat pedig a szilárd (vas) és folyékony (horgany) fémfázisok közötti heterogén reakció eredménye (9. ábra).



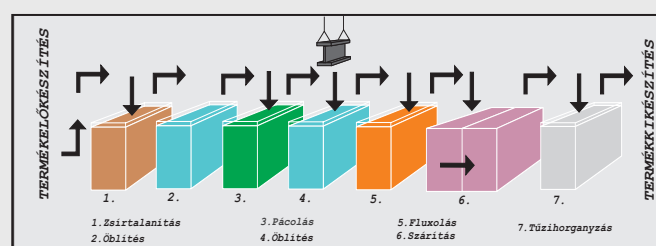
9. ábra: A horganybevonat szerkezete

Ahhoz, hogy ez a reakció le tudjon játszódni, fémtiszta felületet kell biztosítani a bevonásra kerülő terméknek. Ennek érdekében a horganyzókád előtt olyan technológiai lépéseket kell elhelyezni, hogy azok maradéktalanul biztosítsák a megkívánt felületi tisztaságot. Az acéltermékek gyártásuk során különféle technológiai műveleteken, raktározáson, szállításon mennek keresztül. E megmunkálások alatt a termékek felületei szennyeződnek, azaz különféle salakok (hegesztés), oxidok (hőkezelés, lángvágás), zsírok és olajok (kenőanyagok,

átmeneti korrózióvédelem) és egyéb szennyeződések (festék, kátrány stb.) kerülhetnek a munkadarabok felületére. Ezek a nemkívánatos maradványok megakadályozzák, hogy a bevonat képződése végbemenjen, ezért el kell őket távolítani a felületekről (felületelőkészítés).

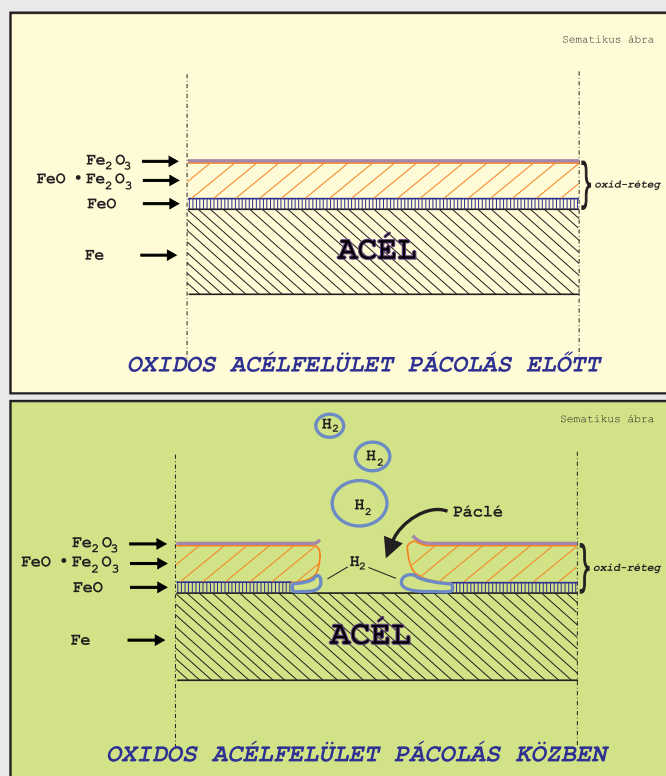
4.2. A technológia lépései

Az eljárás lépéseit 10. ábra mutatja be.



10. ábra: A száraz eljárás folyamata

- A megfelelő felületelőkészítés első lépése a **zsírtalanítás**, melynek eredményeképpen az oxidrétegek szabaddá válnak, s így zsírtalanítást követően ásványi savakban tökéletesen el lehet távolítani azokat. Mivel a zsírtalanítás során az emulgeált zsírok olajok a zsírtalanító fürdőben, vagy azok felszínén vannak, ezért a zsírtalanító fürdőből történő kiemelés után megfelelő öblítésnek kell alávetni a munkadarabokat. Ez azért szükséges, hogy a pácoló (savas) kádaknak a tisztaságát megőrizzék.



11. ábra: Az oxidmentesítés folyamata

- A *pácolás* (oxidmentesítés) során a munkadarabok felületére tapadt vasoxidokat kell eltávolítani. A pácolódás folyamata során a különféle formájú vas-oxidok (FeO , Fe_2O_3 , $\text{FeO} \cdot x\text{Fe}_2\text{O}_3$) kémiai úton feloldódnak és belőlük vas-klorid keletkezik, a 11. ábra szerint. A folyamat eredményeképpen kialakuló fémtiszta felület már alkalmas a következő művelti fázisok végrehajtására.
- A pácolást általában *kettős, hidegvizes öblítés* követi annak érdekében, hogy a pácmaradékok és iszapok ne kerüljenek tovább, mint szennyező anyag.
- Ezt követi *flux-fürdő (folyasztó szer)*, amely lényegében cink-klorid és ammónium-klorid sók oldata, különféle adalékokkal, melyek elősegítik a felület nedvesítését, illetve a sóréteg tapadását. A flux só elsődleges feladata, hogy amikor a munkadarabot a fémolvadékba merítik, a flux só elégeésekor (szublimáció) még egy utólagos felület tisztítást ad a termékek felületének. Annak érdekében, hogy a flux só a felületre rá tudjon száradni, illetve előmelegítsék a munkadarabokat, a horganyzandó termékeket horganyzás előtt szárító kemencébe helyezik.
- A *szárítás* során a termékeket kb. $120\text{--}140^\circ\text{C}$ -os levegőáramban mintegy 15 percig szárítják. A munkafázis során részben előmelegítik, részben pedig megszáritják a darabokat.
- A szárítást követi maga a *tűzhorganyzás* folyamata. Ilyenkor a bemerítés során a kb. $450\text{--}455^\circ\text{C}$ hőmérsékletű fémolvadék felszínén a rászáradt flux só füstképződés mellett gőzfázisba megy át és közben egy utólagos felület tisztítást ad a termékeknek. Miután a munkadarabok a fémolvadék felszíne alá kerültek, ott egy kétirányú diffúzió eredményeképpen kialakul a tűzhorgany bevonat, mely kohéziós kapcsolattal kötődik a vas(acél) alapfémhez.
- Miután a fémolvadékban a munkadarab teljes keresztmetszete átvette a bevonó fém hőmérsékletét, a fürdő tetejéről

a salakot eltávolítják, és a fémtükrön keresztül kiemelik a darabokat. A kiemelés közben eltávolítják a felesleges cseppeket, majd a kikészítés folyamata következik, ahol a felületre tapadt szennyeződésektől, fémmaradványoktól szabadítják meg a kész munkadarabokat.

- E műveletet követi a *csomagolás*, majd a *kiszállítás*, vagy *raktározás*.

4.3. Apró termékek és kötőelemek tűzhorganyzása

Mivel az egyes horganyzási eljárások eredményeképpen más-más tulajdonságokkal rendelkező bevonatok jönnek létre, ezért helyesen kell megválasztani a kötőelemek korrózióvédelmi technológiáját, azaz olyan csavarkészleteket kell alkalmazni, melyeken megfelelő vastagságú és ellenálló képességű a horganyréteg.

A tűzhorganyzás elsődleges rendeltetése korrózió elleni védelem, melynek hatékonysága, időtállósága szorosan összefügg a kötőelemeken levő bevonat vastagságával. A tűzhorganyzott acélszerkezeteken kialakított bevonatok vastagsága szokásosan $50\text{--}150\ \mu\text{m}$, ezért a teljes acélszerkezet egységes korrózióvédelmi képességének fenntartása érdekében olyan legyen a kisméretű kiegészítő elemeken (pl. fittingeken, csapokon), csavaranyákon, menetes orsókon, vagy az alátéteken a védőfém réteg vastagsága, hogy minél jobban illeszkedjen az objektum többi elemén levő bevonat vastagságához. A tűzhorganyzott és galvanikusan horganyzott elemeknek védőrétegei nem csak vastagságukban térnek el, hanem a bevonó réteg egyéb paramétereiben is (4. táblázat).

Jellemző	Tűzhorganyzott	Galvanikusan horganyzott
Bevonat vastagsága	2 – 5x	x
Felület	matt	fényes
Színezet	világos v. sötétebb szürke	ezüstös v. kromátozott (pl. sárgás)
Bevonat tapadása	jó	jó
Zn és Fe-Zn ötvözet	van	tiszta Zn

4. táblázat: Különböző horganybevonatok összehasonlítása

Legtöbbször a beszerzés pillanatában már szemmel is meg lehet különböztetni a tűzhorganyzással és az elektrolitikus horganyzással készített csavarokat, ugyanis az utóbbiak legtöbbször színezetükkel, megjelenésükkel is észrevehetően eltérnek. Ha a termékek felhasználása során erősebb fizikai és korróziós igénybevételek lépnek fel (mindenféle kültéri klíma, vízkorrózió, talajkorrózió stb.) mindenképpen javasoljuk a *tűzhorganyzott kötőelemek* használatát a későbbi hiányosságok megelőzése érdekében.

4.3.1. Az apró termékek és kötőelemek tűzhorganyzási technológiája

Csavaroknál az eljárásból adódóan olyan intézkedések szükségesek, melyek a horganyzási folyamat lépéseinél fellépő kockázatokat megszüntetik. Mint tudjuk a kötőelemek szilárd-

sági tulajdonságai tekintetében szigorú előírások vannak. A fémbevonást megelőzően, a savakban történő pácolási folyamat során, főleg a magasabb szilárdságú acéloknál felléphet a hidrogéndiffúzió okozta elridegedés veszélye, mely a kötőelemek esetében is potenciális veszélyforrás lehet a felhasználás során fellépő repedések, törések veszélyét illetően. Ehhez a kockázathoz adódik hozzá a fémbevonás hőmérsékletének hatása, mely normál hőfokon kb. 450 °C, míg magas hőmérsékletű bevonásnál 530–560 °C között van. A kész csavaroknak a szabványokban rögzített szilárdsági tulajdonságainak garantálása (MSZ EN ISO 898) érdekében pontosan szabályozottak a tűzhorganyzási technológia lépései. Tűzhorganyzott kivételre a technológia sajátosságaiból adódóan M6 – M36 csavar-méreték között vannak szabványos előírások (EN ISO 10684: 2004). A méretre gyártott csavarokat lényegileg ugyanolyan technológiai kezelésnek vetik alá, mint az acélszerkezeteket. Mivel az apró kötőelemeket nem lehet egyenként szerszámokra felrögzíteni ezért, azokat egy-egy adagban, ömlesztve perforált kosárba (üríthető dobba) helyezik és a felület előkészítés (zsirtalanítástól a folyasztószeres kezeléssel bezárólag) ezekben történik. Ezt követi a szárítás, amely előtt egy-egy kisebb adagot acélból készített perforált, hengeres kosarakba öntenek. A kb. 70–90 °C-ra szárított apróterméket egy speciális emelő berendezéssel a horganyolvadékba helyezik, a szükséges ideig hőntartják, majd a megtisztított olvadéktükrön keresztül kiemelik a fürdőből és egy védett kosárban centrifugálják, vagy egy a horganyolvadék mellett elhelyezett centrifugába helyezik és abban kezelik az aprótermékeket. Itt a még folyékony fémrészeket eltávolítják a kötőelemek, vagy más apró munkadarabok felületéről, majd hűtővízben lehűtik az adagot. Ezt követően tisztítják, válogatják és csomagolják a darabokat. A csavaranyák tűzhorganyzása viszont némileg eltér az előzőektől, ugyanis az anyacsavarokba a belső menetet csak a tűzhorganyzást követően, nagyteljesítményű menetfűrő berendezésekkel vágják be a furatokba. Ennek az oka, hogy a belső zárt menetes részből a felesleges horganyt egyébként csak ismételt menetfűrővel lehetne eltávolítani. Ezért ezt csak horganyzás után végzik el. Többek között ez biztosítja majd a készlet tökéletes összeszerelhetőségét.

Felhasználás során a *cink katódos védőhatása* fogja védeni az anya belső menetetét azáltal, hogy az összezsavarozás után a menetes orsó felületén levő horganybevonat fémesen és nagyfelületen érintkezik az anyacsavar menetének felületével. A tapasztalatok azt mutatják, hogy ez a megoldás még évtizedek után is tökéletes, korróziómentes védelmet nyújt az anyamenet felületének.

4.3.2. Előírások, a tűzhorganyzott kötőelemek legfontosabb tulajdonságai

Az acélszerkezeti termékekre vonatkozó MSZ EN ISO 1461:2000 szabvány érvényes az apró termékekre, melyeket centrifugás horganyzóban kezeltek, de nem érvényes a menetes termékekre, csavarokra. A csavarok, csavaranyák tűzhorgany bevonatánál legtöbbször a DIN 267.10 részére, illetve 2004-től az EN ISO 10684 :2004 szabvány előírásaira hivatkoznak.

Vastagsági előírások:

Mindkét szabványban 40 µm-ben van meghatározva a minimális helyi horganyréteg vastagság, az MSZ EN ISO 10684: 2005 előírás 8.3 fejezetében ezen felül még 50 µm-ben rögzítik a minimális átlagos rétegvastagságot. A bevonat vastagság

mérésére javasolja az ISO 2178 szabványban meghatározott mágneses eljárást.

4.4. A bevonat különleges tulajdonságai

4.4.1. Kiváló kopás- és dörzsállóság

A tűzhorgany bevonatok kopás-, és dörzsállósága többszörösen meghaladja a festékbevonatokat. A termékeket a felhasználás során a korróziós hatások mellett gyakran mechanikai igénybevételek is érik. Példaként lehet említeni a tényleges felhasználás előtti hatásokat (raktározás, szállítás, szerelés során), ám a beépítés után is számos esetben koptatóhatások érik a bevonatot (homokszóródás, kőszóródás, stb.), emiatt a védőbevonatnak nem csak korrózióállóknak, hanem a fizikai igénybevételeknek is ellenállónak kell lenni.

A tűzhorganyzási technológiával létrehozott bevonatok mindkét kritériumnak egyaránt megfelelnek. Ugyanis a horganybevonatok esetében a vasalappal kohéziós kapcsolatban levő Fe-Zn ötvözetű fázisok keménysége jelentősen meghaladja magának a fémalapnak a keménységét is. Vizsgálatok szerint a tűzhorgany bevonatoknak mintegy tízszeres koptatási ellenállása volt, mint a szerves bevonatoknak.

4.4.2. A tűzhorgany bevonatok tapadása

A bevonatok tapadása egy nagyon fontos kritérium a korrózióvédelmi rendszerek minősítésénél, a felhasználási követelmények miatt. A tűzhorgany bevonatokkal szemben általában nem jelenik meg ez a vevői követelmény, azonban a duplex-eljárások alkalmazásánál, amikor a felületelőkészítésre kerül a sor, a finom szemcseszórás (sweep-szórás) egyfajta követelményt állít a bevonatok elé. Vizsgálatokat végeztek (DIN EN 24624) a tűzhorgany bevonatok tapadására vonatkozóan, annak ellenére is, hogy jelenleg *nincs előírt és kötelező vizsgálat* ezekre a bevonatokra (MSZ EN ISO 1461). A bevonatok tapadásának minősítése megállapodás kérdése. A vizsgálatok eredményei szerint, a horganybevonatok tapadása (DIN EN 24624) 12 és max. 37 N/mm² között volt (5. táblázat).

Si – szegény acéloknál (Si≤0,03%)	> 20 N/mm ²
Sandelin-acéloknál (Si:0,04-0,12%)	> 30 N/mm ²
Sebisty- acéloknál (Si:0,15-0,25)	10-25 N/mm ²
Si-ban gazdag acéloknál	>25 N/mm ²

5. táblázat: Tapadási vizsgálatok eredményei

Ezt összehasonlítva a festékbevonatok tapadásával, mely sokszor nem lépi túl az 5 N/mm² határt, láthatóak a horganybevonatok előnyös tulajdonságai.

4.4.3. A horganybevonatok és festékbevonatok kőszóródás ellenálló képességének összehasonlítása

A különféle acélszerkezetek számos esetben vannak kitéve *kőszórások* szóródásának, mely a bevonatban károkat okozva korróziós göcként jelenik meg. Egy Németországban elvégzett vizsgálat szerint, különféle bevonatokat vizsgáltak meg, hogy mennyire érzékenyek kőszóródásra (DIN 55991-1). A szórás kísérletek után a próbadarabokat *kitéti korróziós hatásoknak* vetették alá annak érdekében, hogy minősítsék a különféle bevonatok ellenálló képességét.

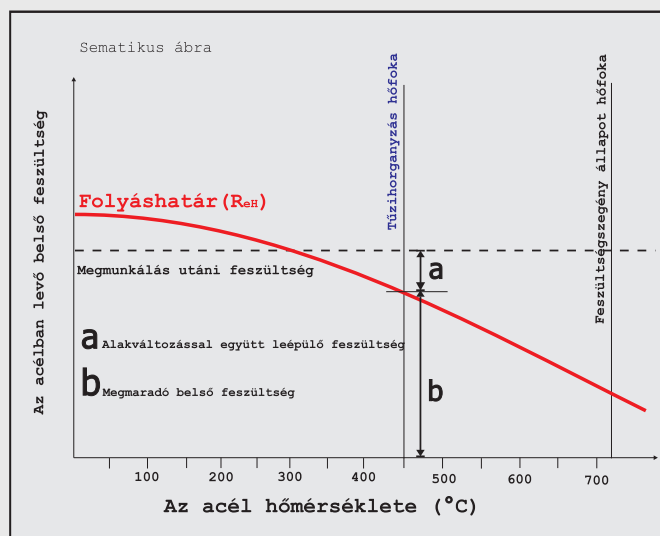
Egy másik érdekes jelenség az is, hogy lézervágás esetében olyan éles lesz a vágási sarok, hogy a horganyréteg kisebb mechanikai igénybevétel hatására lokálisan leválik. A különböző vágási eljárások, különböző paraméterek és acélösszetétel miatt előre nem lehet meghatározni a kialakuló horganyréteg

jellemzőit. A fentiek miatt a tűzhorganyzásra vonatkozó MSZ EN ISO 1461 szabvány C melléklete azt ajánlja, hogy termikus vágással történt darabolás után a *vágási felületet le kell munkálni* annak érdekében, hogy a bevonat megfelelő minőségű legyen.

5. Konstruktív követelmények

5.1. A káros deformációk elkerülése

Az acél féltermékek és szerkezetek gyártása során az anyagszerkezetben különféle irányú és nagyságú belső feszültségek keletkeznek (feszültség export az anyagszerkezetbe). Az anyagszerkezetben kialakuló feszültségcsúcsok, amennyiben eléri az acél folyáshatárát, leépülnek, közben lokális anyagfolyások mellett, alakváltozások alakulhatnak ki a terméken. A tűzhorganyzási technológia kb. 450°C hőmérsékleten zajlik. Az acélok folyáshatára (R_{eH}) a hőmérséklet növekedésével csökken, ezért azok a feszültségtorlódások, melyek meghaladják a tűzhorganyzás hőfoka miatt lecsökkent folyáshatárt, lefognak épülni (15. ábra).



15. ábra: Az acélok folyáshatárának csökkenése a hőmérséklet növekedésével

A termékek gyártása során az anyagszerkezetbe került feszültségek (szaggatott vonal) a különböző megmunkálások (hengertés, hajlítás, hőkezelés, hegesztés, darabolás, stb.) révén jönnek létre. Az acél folyáshatárának csökkenésével a tűzhorganyzás hőmérsékletén, a gyártásból származó belső feszültségek egy része az anyagban marad („b” szakasz), míg másik része feloldódik („a” szakasz), ennek következtében kisebb-nagyobb alakváltozások jöhetnek létre. A termékfelhasználás szempontjából fellépő káros alakváltozások megfelelő tervezési, gyártási intézkedéssel teljes mértékben kiküszöbölhetők. A helyesen megválasztott acélminőség, az optimálisra törekvő konstrukció és a tűzhorganyzó szakemberei technológiai tudása együttesen eredményezik az acélszerkezet gyártók és a beruházók által elvárt igények maradéktalan kielégítését. Az ajánlott tervezési szempontok nem merülnek ki a nagyméretű acélszerkezetek deformációs kockázatainak minimalizálásával, hanem további elvek vannak, melyek a technológia sajátosságaiból adódnak.

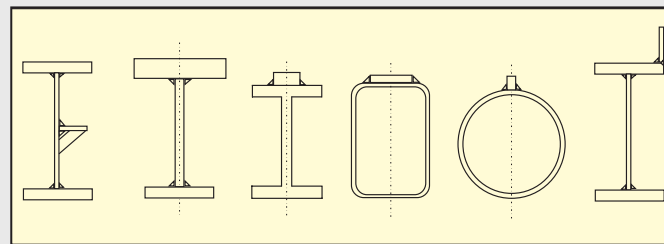
5.1.1. Rúdszerű szerkezetek konstrukciója

A technológia végrehajtása szempontjából a legkedvezőbbek és leggyakoribbak közé tartoznak a rúdszerű elemek. Ezek gyártása és horganyzása is általában egyszerű, nem okoznak semmiféle nehézséget. Többségükben nem bonyolult a keresztmetszetük, de gyártástechnológiák mégis előidézhetnek kellemetlen meglepetéseket, ha a nagyon egyszerű előírásokat nem tartják be a gyártók.

Szimmetrikus keresztmetszetek választása

A korábban említett belső feszültségállapot megváltozása miatt kisebb-nagyobb alakváltozások jöhetnek létre az acélszerkezetben. Ez nem csak bonyolultabb szerkezeteknél, hanem egészen egyszerű rudaknál is kialakulhat. Mint már ismertettük, az acélszerkezetek gyártása során feszültség export révén „jut” a késztermék anyagába a feszültség, mely ténylegesen a textúrában levő rácstorzulások, hibák kialakulásában ölt testet. Amennyiben a rácsszerkezetben mód nyílik a „befagyott” viszonyok megváltoztatására, létrejöhetnek a feszültség leépülések, alakváltozások. A fentiek miatt célszerű arra törekedni már az acélszerkezetek tervezése, gyártása során, hogy a rúdszerű termék keresztmetszeti súlypontjára szimmetrikus eloszláshoz közelítsen a belső feszültség. Ezért ezeket a szempontokat a darabolási, hegesztési, stb. tervek-nél, és a végrehajtásnál is egyaránt figyelembe kell venni. Nemkívánatos feszültség szerkezet esetén már a gyártás után, a deformálódott elemet egyengetni kell. Előfordul, hogy a rúdtermékek-nél már darabolás után alakváltozások jönnek létre. Amennyiben a termék keresztmetszet olyan, hogy ott az egymáshoz rögzített (pl. hegesztett) elemek eltérő hőtágulása is szerepet játszik, akkor még nagyobb a kockázata a vetemedésnek.

Az elmondottak alapján célszerű és egyben kívánatos a legalább két tengelyre szimmetrikus termék keresztmetszetek tervezése 16. ábránkon néhány nem javasolt konstrukció látható.



16. ábra: helytelen konstrukciók

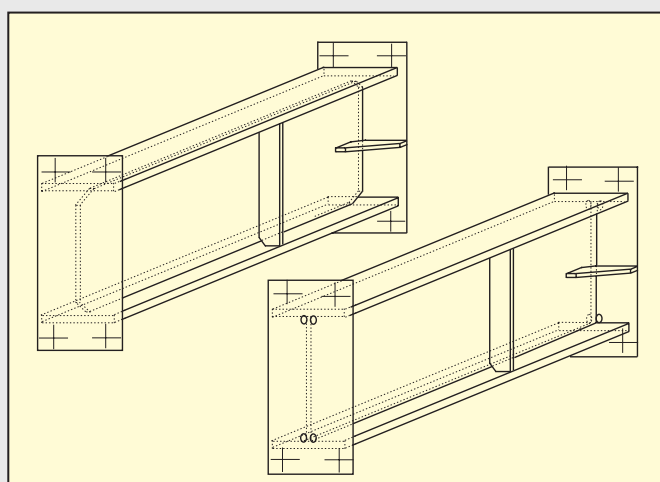
Amennyiben nem lehet elkerülni az ábrán láthatóhoz hasonló, nem ajánlott szerkezeti megoldásokat, úgy hegesztett kapcsolatok helyett csavarkötés alkalmazását tarjuk előnyösnek.

Ebben az esetben az elemeket egyenként horganyozzák, majd késztermékké szerelik.

5.2. Technológiai nyílások, zárt szelvényből készített acélszerkezeteknél

A klasszikus acélszerkezetek esetében, ha azok festett kivitelben készülnek, a szelvények belső tereit általában nem védik a korrózió ellen (csak külső festés). A tűzihorganyzás egyik legnagyobb előnye, hogy a szerkezetek *belső felületei* is egyenértékű korrózió elleni védelmet kapnak, mivel a technológiánál a munkadarabok elzárt felületeivel is érintkezni kell a kezelő folyadékoknak, illetve a horganynak. Ahhoz, hogy a kezelő folyadékok maradéktalanul a felületekhez jussanak, a gázoknak, a levegőnek, illetve a salakanyagoknak tökéletesen ki kell jutniuk a zárt szelvények, zártabb terek belsejéből. A légzsákok megelőzésére optimális helyre megfelelő méretű és számú ún. *kilevegőző nyílásokat* kell elhelyezni. Ugyanakkor a munkadarabok kiemelése során valamennyi folyadékmaradványnak is ki kell folyni, tehát ún. folyadékzsebek nem maradhatnak, mert ez anyagvesztéssel és minőségi gondot okoz. Emiatt megfelelő méretű, számú és pozíciójú *kifolyó nyílásokat* is alkalmazni kell.

A fenti általános követelmények nem csak a különféle zárt szelvények esetében igazak, hanem az esetenként lehatárolt tereket, sarkokat alkotó merevítő bordák kialakításánál is (17. ábra).

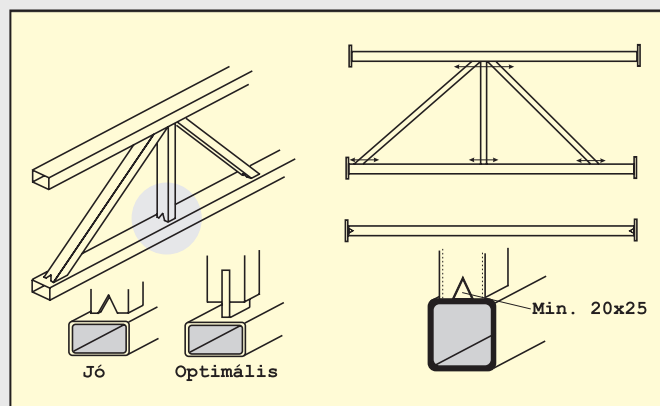


17. ábra: Fontosak a merevítő lemezek megfelelő kialakításai

A csőbelső átmérője (mm)	Minimális furatátmérő (mm)
15 mm alatt	5 – 6
15 - 25	6 – 8
25 – 40	8 – 10
40 – 50	10 – 12
50 mm felett	Nagyobb, mint 15 mm

7. táblázat: Szükséges furatátmérők

Számos esetben találkozunk rácsos acélszerkezetekkel, melyeknél különösen ügyelni kell a megfelelő technológiai nyílások kialakítására (7. táblázat). A zárt terekben megmaradó folyadékok akár több száz bar nyomást is kifejthetnek, amikor a horganyfürdőben hirtelen gőzzé válnak, így nem csak magát a szerkezetet tehetik tönkre az esetleges robbanással, hanem baleseti veszélyforrást is jelentenek az ott dolgozókra.

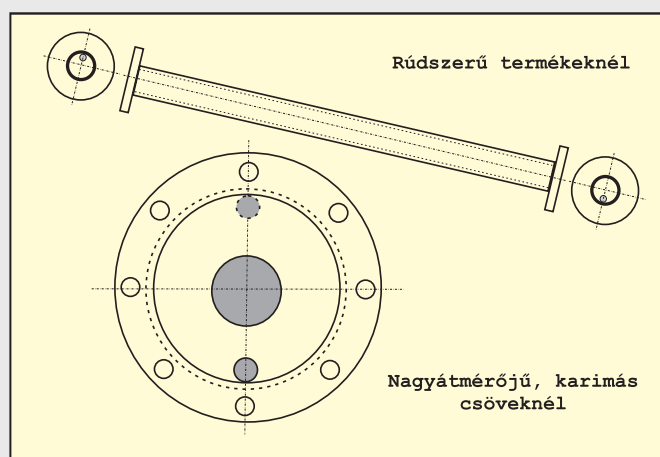


18. ábra: Rácsos tartók technológiai nyílásai

Amennyiben nincsenek betartva a nyílásokra vonatkozó előírások, úgy nem csak légzsákok, horgany- és folyadékmaradványok, hanem salakfeltapadások is rontani fogják a termék minőségét.

A technológiai nyílások pozíciója, méretei

A felsorolt okok miatt nyilvánvaló, hogy a technológiai nyílások meglétének, méreteinek, illetve elhelyezkedésének kiemelt szerepe van (18. ábra).

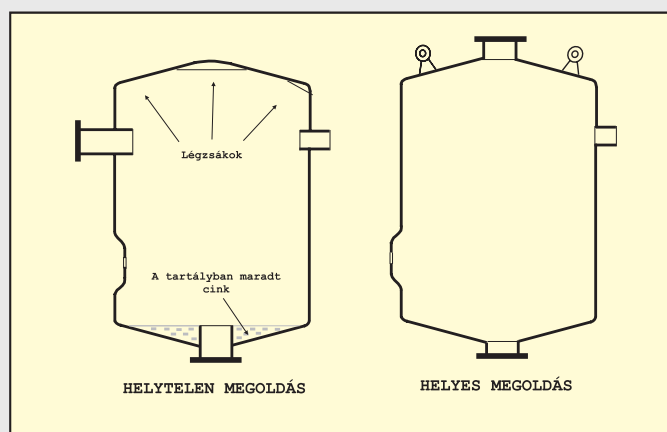


19. ábra: Csöveken elhelyezett technológiai furatok

A pozíció mellett nagy jelentősége van még a nyílások *méreteinek* is. Ennek oka, hogy elsősorban a horganyfürdőbe történő bementés, illetve kiemelés minél gyorsabban végrehajtható legyen. Fontos költség tényező a tárgynak a fémolvadékban történő tartózkodási ideje, azaz általában minimálisra kell szorítani az expozíciós (merítési) időt. Tehát ez azt jelenti számunkra, hogy ésszerűen legnagyobb számú és átmérőjű furatokat, kicsípéseket, sarkalásokat kell elhelyezni a szerkezeteken (19. ábra).

Tartályok és hőcserélők kialakítása

A technológiával szinte egyidős feladat a különböző méretű tartályok kezelése, melyeket kívül-belül horganyréteggel látnak el. Mivel ezek az eszközök a legtöbb esetben nagy belső terekkel és viszonylag kisméretű nyílásokkal rendelkeznek, különösen oda kell figyelniük, a megfelelő technológiai nyílások elhelyezésére (20. ábra).

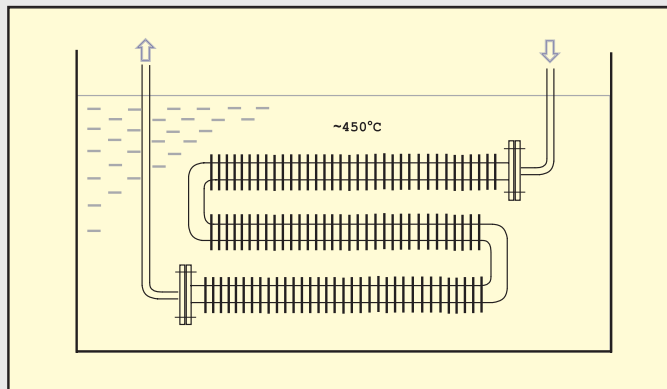


20. ábra: Helytelen és helyes kialakítás

Rossz megoldások kiválasztásánál a belső terekben légzsák-
ok, salakfeltapadások, horganymaradványok megjelenésével,
és külső réteghibákkal kell számolni.

Van azonban a nagy belső felületekkel rendelkező termé-
keknek egy olyan köre, amelyeknek *csak a külső felületét kell*
tűzihorganyozni. Ezek a szerkezetek a hőcserélők és a kisebb
tartályok. A feladat bizonyos mérethatárokig általában problé-
mamentesen végrehajtható, de biztonsági szempontból min-
denképpen nagyobb kockázatot jelent, mint a klasszikus technoló-
giai kezelés. Ugyanis a levegővel telt munkadarabokat a
fémfűrdő felszíne alá kell kényszeríteni speciális szerszámok-
kal, mely nagy odafigyelést, gondos tervezést és hozzáértést
igényel.

Az esetleges robbanásveszély megelőzésére az ilyen szerke-
zeteket megfelelő technológiai nyílásokkal kell ellátni, melyek
bemerítésnél a fűrdő fölé nyúlnak (21. ábra).



21. ábra: hőcserélő külső felületének horganyozása

Ezek a nyílásokon keresztül történik a levegő nyomásá-
nak kiegyenlítése.

Az ilyen általában sok, a hőcserét segítő fémlamellával el-
látott konstrukciónál fokozott jelentősége van a *megfelelő*
acélminőségnek, mert óriási felületekkel rendelkeznek. A nem
megfelelő acélminőségű gyártott termékek jelentős többlet-
költséget, többletsúlyt fognak eredményezni, nem is beszélve
az esztétikai problémákról.

Átlapolt felületek alkalmazása

Általános elv, hogy átlapolt felületek alkalmazását, melyek
oldhatatlan kötésekkel jönnek létre, lehetőleg el kell kerülni.

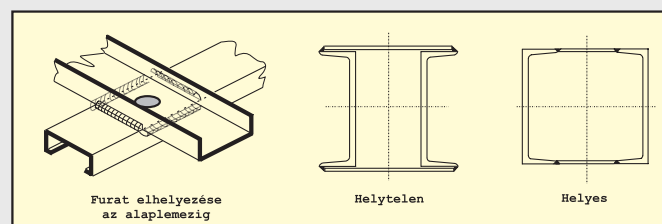
Legfontosabb okai:

- Baleseti kockázatot hordoz magában a felületek között
maradt anyag (nedvesség, szennyeződés)
- Korróziós kiinduló pont lehet

Amikor átlapolt kapcsolatokat hoznak létre a két érintkező
felület között elegendő a hely arra, hogy már a gyártás során va-
lamiféle szennyeződés (rozsdá, olaj, zsír, festék, stb.) maradjon
meg, de ahhoz nem elegendő, hogy ott szabályos horganybe-
vonat alakuljon ki. Ehhez járulhat hozzá még az, hogy, ameny-
nyiben a hegesztett kötés nem vízzáró, a felületelőkészítési
technológiából adódóan nedvesség juthat a lezárt térbe.

A felületek közé szorult nedvesség, szennyeződés a fémfűrdő
hőfokán, a kis térben *nagynyomású gőzzé, gázzá* válik (több
száz bar) és nemcsak a szerkezet káros torzulását, hanem bal-
eseti veszélyforrást is jelent.

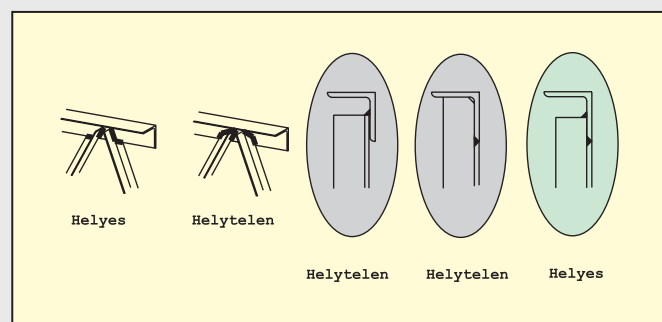
Egymásra fektetett felületek alkalmazásánál legcélszerűbb
csavarkötést alkalmazni, de ha ez nem lehetséges, akkor a
felső felület átfűrésze, illetve legvégső esetben szakaszos
hegesztési varratok létrehozásával lehet elkerülni a károkat
(22. ábra).



22. ábra: Átlapolt felületek

Amennyiben ilyen megoldásokat vagyunk kénytelenek be-
tervezni, számolni kell azzal, hogy a termék felhasználása so-
rán a felületek közötti horgannyal le nem zárt részek korróziós
gócként fognak viselkedni.

A különféle szögacélokból gyártott rácsos oszlopok, tartók
gyakran szerepelnek a tűzihorganyzó üzemek bérhorganyzási
palettáján. Itt az esetek döntő többségében klasszikus „átla-
polásos” megoldásokat alkalmaznak (23. ábra), mely sokszor
nem optimális, főleg, ha hegesztési hibák tarkítják a kapcsol-
atokat.



23. ábra: Szögacélból készített rácsos szerkezetek

Feltétlenül meg kell említeni még, hogy a technológiai fu-
ratok helyének, méreteinek és számának meghatározása nem a
gyártóüzem feladata, hanem még a *tervezőasztalon* kell velük
foglalkozni. Az acélszerkezetek legyártása alatt, vagy azután
már sok esetben csak kedvezőtlen kompromisszumot tudunk
kötni lehetőségeinkkel. Ez azt eredményezheti, hogy az acél-

szerkezet bevonása kisebb-nagyobb nehézségekbe ütközhet, esetleg esztétikai hibák, hiányosságok is keletkezhetnek rajta.

Ha mégis elkerülhetetlen az átlapolt kapcsolatok alkalmazása a **8. táblázatban** foglalt előírások szerint célszerű eljárni.

Átlapolt felület nagysága (cm ²)	Lemezvastagság (mm)	Intézkedés
<100	Minden lemezvastagságnál	Tömören körbe kell hegeszteni.
100 – 400	< 12	□ 10 mm-es furat az alaplemezig, vagy 25 mm-es kihagyással szakaszos varratok
	> 12	Tömören körbe kell hegeszteni.
400 – 2500	Minden lemezvastagságnál	□ 12 mm furat az alaplemezig, vagy 2 mm x 25 mm kihagyással szakaszos varrat
>2500	Minden lemezvastagságnál	□ 20 mm-es furat az alaplemezig, vagy 4 mm x 25 mm-es kihagyással szakaszos varrat, minden 2500 cm ² -enként

8. táblázat: átlapolt kapcsolatok alkalmazására vonatkozó irányelvek

Helyes tervezéssel kapcsolatos információk részben megtalálhatóak az **MSZ EN ISO 14713** szabványban, ez azonban nem helyettesíti a részletesebb szakmai információkat.

Ma már számos szakmai útmutató, tájékoztató, sőt szakfolyóirat áll rendelkezésre, amennyiben az adott esetben kéznél levő információk kevésnek bizonyulnak, úgy a tűzihorganyzással foglalkozó szakemberek, vállalatok, a szakmai szövetség szívesen áll a megrendelők rendelkezésére.

5.3. „Túlméretes” acélszerkezetek konstrukciója és tűzihorganyzása

Az alapvető tervezési szempontok közé tartozik, hogy a tervezőnek tisztában kell lenni azzal, milyen méretű kezelő kádak állnak rendelkezésére. Ennek érdekében fel kell keresni a rendelkezésre álló tűzihorganyzó vállalatot, és információkat kell beszerezni a technológiai berendezés méreteiről.

Egy darab szerkezeti elem méretének a kezelőkádak *hosszánál 0,5 m-rel, szélességénél 0,2 m-rel*, míg *mélységénél 0,5 m-rel* kell minimálisan kisebbnek lenni. A munkadarabok *egyenkénti tömege* nem haladhatja meg az üzemben rendelkezésre álló emelőgépek teherbírását.

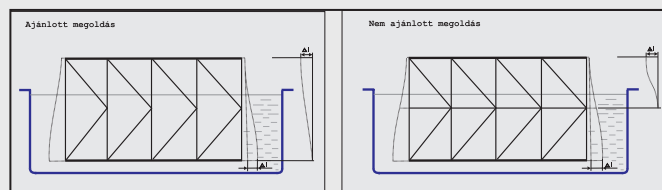
Kivételes esetben arra is van lehetőség, hogy a fent említett technológiai mérethatárokat átlépve, nagyobb terjedelmű darabokat horganyozzanak le. Ekkor azonban megnő a nemkívánatos alakváltozások kockázata.

A káros deformációk oka, az acél hőtágulásából adódik, mert a „túlméretes” szerkezetek tűzihorganyzása esetében, a 450°C-os horganyfürdőben levő tárgy rész térfogata jelentősen megnő (több, mint 50 mm-t tízméterenként). Ez a hossz növekedés pedig jelentős belső feszültségek keletkezéséhez vezet az anyagszerkezetben. Ez szélsőséges esetben még törésekhez, illetve szakadásokhoz vezet.

Ennek ellenére – bizonyos elvek betartásával – mégis nyílik lehetőség, a túlméretes szerkezeti elemek tűzihorganyzására.

Magas rácsos tartók konstrukciója és tűzihorganyzása

A kezelő kádak mélységéhez képest túl magas rácsos szerkezetek is tűzihorganyozhatóak. Ebben az esetben a termékek egyszeri forgatással kerülnek kezelésre. A horganyfürdőben levő rész jelentősen megnyúlik, míg a tárgy szabad levegőn levő másik felének mérete alig változik (**24. ábra**).

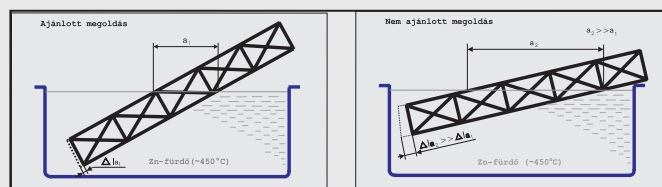


24. ábra: Magas rácsos szerkezetek horganyzása

Amennyiben a tervező nem hagy lehetőséget arra, hogy a horganyfürdőben levő megnyúló rész okozta hossz növekedést egy hosszabb rúdszakaszon lehessen levezetni (az ábra bal oldala), akkor *káros alakváltozások*, sőt *törések* jöhetnek létre.

Hosszú tartók tűzihorganyzása

Amennyiben a kádméretekhez képest túl hosszú szerkezet tűzihorganyzását kell megoldani, szintén kétszeri bemártással lehet elvégezni a kezelést.



25. ábra: Túl hosszú termékek tűzihorganyzása

A tűzihorganyzó számára fontos feladat, hogy minimalizálni kell a szerkezeti elem alsó, illetve felső öv része közötti hossz növekedés különbségeket, ezért a bemeztetés dőlésszögének meghatározásánál mindig törekedni kell arra, hogy a lehető legnagyobb szögben történjen a fémolvadékba eresztés (**25. ábra**). A kétszeri horganyzás miatt a két horganyrétegnek át kell fednie egymást, mely miatt kisebb-nagyobb színeltérések lehetnek az összeérő felületek között.

Fontos figyelmeztetés! Kétszeri horganyzás esetében, az olvadékban levő szerkezeti rész, illetve a levegőn levő rész között jelentős hőmérséklet különbség jön létre, amely eltérő hőtáguláshoz és veszélyes belső feszültségekhez vezethet. Ez szélsőséges esetben szerkezeti repedés és törés kockázatát jelentheti, ezért lehetőség szerint kerülni kell az alkalmazását.

5.4. Nagy vastagságkülönbségű elemek összeépítése

A tűzihorganyzás során alkalmazott expozíció (merítési) idő általában a munkadarab befoglaló méreteinek és falvastagságának függvénye. A rendező elv az, hogy a termék teljes keresztmetszetének át kell venni a horganyolvadék kb.

450 °C-os hőmérsékletét. Ez lényegében azt jelenti, hogy a legnagyobb falvastagságú elem időszükséglete fogja meghatározni az expozíciós idő hosszát. (ettől eltérés csak a nagy belső zárt terekkel rendelkező termékek esetében van, ahol mást kell figyelembe venni).

A minőségi eltérések kiküszöbölése érdekében javasolt az oldhatatlan kötással (hegesztés) egyesített részegységek falvastagságának egyeztetése. Amennyiben jelentős eltérés van az egyes elemek között, akkor az alábbi hátrányokkal lehet számolni.

- A vékonyabb falvastagságú elemek felületén esetleg lényegesen vastagabb bevonatok alakulnak ki, mint ami kívánatos.
- Az eltérő hőtágulások miatt, alakváltozások, repedések, szakadások alakulhatnak ki.

A fenti kockázatok csökkentése érdekében a tervezésnél el kell kerülni az extrém vastagságkülönbségek alkalmazását, illetőleg oldható kapcsolatot kell alkalmazni, melyet horganyzás után kell kialakítani.

Célszerű betartani a következő szabályokat:

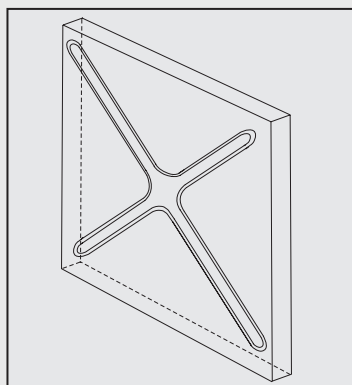
- $t_{\max} < 5 \cdot t_{\min}$, azaz már a tervezés során figyelemmel kell lenni arra, hogy a vastagabb keresztmetszet merítési ideje ne legyen ötszörös érték felett.
- Különösen a vékonyabb falvastagságú elemeknél gondosan el kell kerülni a felületen, sarkokon az éles bemetszéseket.
- El kell kerülni a gyártás során az anyagszerkezetben keletkező nagy belső feszültségeket, felkeményedéseket.

5.5. Lemezből készített acélszerkezetek konstrukciója

Az akadályozott hőtágulás miatt, acélszerkezeteink káros deformációkat szenvedhetnek el. Ez különösen igaz a lemezekből készített, vastagságukhoz képest nagy felületű konstrukciókra.

Ezeknél a szerkezeteknél – megfelelő felületi merevítések hiányában – biztosan számolni kell a tűzhorganyzásból adódó káros deformációkkal.

Az alakváltozások kiküszöbölésének lehetséges módja, hogy a lemezfelületeket megfelelően merevíteni kell, mely kizárólagosan erre alkalmas méretű és alakú bordák felületbe történő sajtolásával történik (26. ábra).



26. ábra: Lemezfelület merevítése besajtolta bordákkal

A deformációk elsődleges oka, hogy a kb. 450 °C-os fémolvadékban, folyóméterenként, sokszor 4-5 mm-es hossz/szélesség növekedéssel kell számolni. A lemeztermékek káros alakváltozása elkerülhető.

Alapvető lehetőségek a káros alakváltozások elkerülésére:

- A kérdéses lemezfelületek merevítése megfelelően elhelyezett bordák, hajlítások besajtolásával.
- A lemezt már tűzhorganyzott kivitelben kell beépíteni. (itt azonban ügyelni kell arra, hogy a folyamatos horganyzó soron bevont lemezekben található horganyréteg vastagsága lényegesen alacsonyabb, mint ami az EN ISO 1461 szabványban elő van írva).

5.6. Hegesztés tűzhorganyzás előtt

5.6.1. A káros deformációk elkerülése

Az acélszerkezetek tervezési fázisában figyelembe kell venni a tűzhorganyzás egyszerű, de fontos technológiai követelményeit. Az acélszerkezeti elemek összehegesztése során alapvetően arra kell törekedni, hogy a gyártás során bevitt feszültségeket minimalizáljuk, illetve lehetőleg a keresztmetszet súlypontjára szimmetrikus legyen az eloszlásuk.

Az alábbi főszabályok betartása indokolt:

1. Ésszerű intézkedésekkel minimalizálni kell az acélszerkezetre tervezett hegesztési varratok számát annak érdekében, hogy a zsugorodásból származó belső feszültségeket minél jobban csökkentsük.
2. A varratok helyét úgy határozzuk meg, hogy azok lehetőség szerint a keresztmetszet súlyponti tengelyében helyezkedjenek el, ha ez nem lehetséges, akkor szimmetrikusak legyenek a súlyponti tengelyre.
3. Azokat a varratokat, melyek a szerkezet merevségét leginkább meghatározzák, lehetőleg a hegesztési sorrend legvégére kell ütemezni.
4. A hegesztési paramétereket úgy kell megállapítani, hogy a bevitt hőmennyiség minél kisebb legyen, és az is a lehető legkisebb anyagkeresztmetszetre koncentrálódjon.
5. A varraterősségeknek nem szabad nagyobbak lenni, mint ami statikailag indokolt.
6. A szerkezetet „belülről-kifelé” haladva kell hegesztetni a zsugorodásból származó belső feszültségek minél alacsonyabban tartása érdekében.
7. Még a hegesztés végrehajtása előtt hegesztési terveket kell készíteni, a fenti említett szempontokat figyelembe véve.

Megfelelő konstrukció és hegesztési terv betartása esetében, a hegesztésből származó belső feszültségek a lehető legminimálisabbak és egyenletesen oszlanak meg a termék keresztmetszetében.

5.6.2. A hegesztési varratok külleme horganyzás után

A kutatások szinte egybehangzó állítása szerint, általában kedvezően hat a hegesztett szerkezetek feszültség viszonyaira. A hegesztési varratok minőségéről a legtöbb esetben már a külleme információkat nyújthat. Amennyiben a hegesztés külleme, folytonossága hibás, az a tűzhorganyzást követően megmarad, sőt esetenként kontrasztosabbá válik a probléma.

A hegesztésre vonatkozó általános előírások nagy többségükben igazak a tűzihorganyzott acélszerkezetek esetében is.

A legfontosabb kivitelezési követelmények:

- Bevonatos elektródával történő hegesztés esetén a képződő salakot maradéktalanul el kell távolítani.
- Védőgázos hegesztésnél, helytelen hegesztési paraméterek alkalmazásánál, a varratszéleken vékony salakmaradványok alakulnak ki, melyeket szintén el kell távolítani.
- A feltapadások megelőzésére szolgáló spray-k alkalmazása esetén, csak szilikon-, és olajmentes terméket szabad használni.
- A hegesztési hibák, kráterek, beégések horganyzás után is megmaradnak, ezeket kerülni kell.
- Szakaszos varratok alkalmazását lehetőleg ki kell küszöbölni.
- A varratfugák szélessége olyan legyen, hogy csak a minimálisan szükséges varraterősség, szélesség legyen kialakítva.
- Törekedni kell a síkvarratok (tompá varratok) alkalmazására, mert a sarokvarratok megnövelik a hibák kockázatát.
- A gyökhegesztéseket különösen gondosan kell elvégezni.
- Hosszú varratok kialakításánál a hegesztést a munkadarab közepétől kiindulva a szélek felé haladva kell végezni.

A hegesztéshez használt elektródák, huzalok esetében a legtöbb alapanyag relatív magas szilícium-tartalommal rendelkezik, ezért a horganyolvadékban lezajló termo-diffúziós folyamatok a varratok felületén lényegesen intenzívebbek lehetnek, mint a varrat környezetében, ezért ezeken a varratokon szürkébb, vastagabb bevonatok alakulhatnak ki. Ez különösen szembetűnő, ha a varratot a hegesztés után síkba köszörülik. Rendkívüli esztétikai követelmények esetén, célszerű a hegesztő anyag összetételét úgy megválasztani (Si- és P-tartalom), hogy az egyenletes színezetet eredményezzen.

Amennyiben a hegesztett szerkezettel szemben különleges alaktűréssel kapcsolatos követelmények vannak, célszerű *próbahorganyzással* meggyőződni a konstrukció és technológia helyességéről, amennyiben ez nem lehetséges, szakember segítségét kell kérni.

5.7. Hegesztés tűzihorganyzás után

Általános javaslat, hogy tűzihorganyzott acélszerkezeteket utólagosan már ne hegesszenek, ugyanis a hegesztés környezetében a bevonat leég, és ezzel károsodik annak védőértéke.

Vannak azonban ritkán olyan esetek, amikor nem lehet elkerülni a tűzihorganyzott acélszerkezetek utólagos hegesztését. Az esetek többségében ennek az az oka, hogy a rendelkezésre álló tűzihorganyzó kád méretével nem egyeztethető össze, vagy nem lett összeegyeztetve a legnagyobb munkadarab mérete. A tervezésnél kell beszerezni a szükséges információkat a legnagyobb horganyozható méretről. Egyes esetekben, különleges intézkedések végrehajtásával lehet elvégezni a már tűzihorgany bevonattal rendelkező szerkezetek utólagos hegesztését. Normál vastagságú horganybevonat esetében ($v < 100 \mu\text{m}$), a kialakított hegesztési varrat tulajdonságai nem különböznek a nem horganyzott acél varratainak jellemzőitől.

Amennyiben ennél vastagabb bevonat van a felületen azt

óvatosan le kell munkálni és a szabad acélfelület előírás szerint hegeszthető. Hegesztés után a sérül bevonatot, a javított felületet a horganyzott felületek javítására vonatkozó előírások szerint kell javítani (MSZ EN ISO 1461).

Ha mégis horganybevonattal ellátott felületet kell hegeszteni, akkor néhány fontos ajánlás figyelembe vétele előnyös.

A hegesztés során figyelembe veendő szempontok:

- Alapvetően az összes ömlesztő hegesztési eljárás alkalmas a már horganyzott felület hegesztésére.
- 3 mm alatti lemezvastagságnál ajánlható csak az autogén-hegesztés alkalmazása, e felett ívhegesztést javasolt használni.
- Védőgáz alatti hegesztésnél erősebb fröccsenéssel kell számolni.
- Általában alacsonyabb hegesztési sebességet kell alkalmazni, mint a nem horganyzott acélok hegesztésénél, a gázok jobb eltávolítása érdekében.
- Tompa varratoknál valamivel nagyobb hegesztési hézagot kell hagyni, annak érdekében, hogy a varrat ömledékéből szabadabban eltávozhassanak el az égéstermékek.
- A hegesztés áramerősségét minimális értékkel nagyobbra kell megválasztani, mivel az elégtelen cink kissé zavarja a varratmetallurgiát.
- Sarokvarratok esetében az elektródát úgy kell vezetni (lengetni), hogy a varratszéleken a horgany le legyen égetve.
- A megfelelő hegesztő elektróda kiválasztása döntő fontosságú a megfelelő varratminőség szempontjából. Azok az elektródák, melyeknél a varraton lassabban alakul ki a salak, jobbak, mert lehetővé teszik a gázok időbeni eltávolítását az ömledékből. A szerkezeti acéloknál, ahol a hegesztési varratok nincsenek különlegesen nagy igénybevételnek kitéve, ajánlhatóak például a közepesen vastag rutilos, vagy rutil-cellulóz elektródák.
- A hegesztési tartományt gondosan meg kell tisztítani, majd a felületvédelmet mielőbb, előírás szerint (MSZ EN ISO 1461) helyre kell állítani.

Biztonságtechnikai előírások:

- A cink-oxid tartalmú hegesztési füstöt el kell vezetni a munkahelyről, azt belélegezni nem szabad.
- A munkahelyet alaposan szellőztetni kell.
- Amennyiben nagyobb mennyiségben belélegeztek ilyen füstöt, orvoshoz kell fordulni.

A belélegezett füst esetleg influenza-szerű tüneteket okoz (fémgőz láz), azonban orvosi ellátás után nyomtalanul gyógyul. A belégzés azonban megfelelő biztonsági berendezések használata esetén teljes mértékben kizárható.

5.8. Tűzihorganyzott kötőelemek alkalmazása

Ha „horganyzásról” beszélünk, nem minden szakember ugyanazt a technikát érti rajta. A szó nem jelent automatikusan tűzihorganyzást, mert több olyan technika létezik, melyek segítségével horganyt (cinket) lehet felvinni a tárgyak felületére. Az acélszerkezetek gyártásánál gyakorta felmerülő kérdés, hogy milyen kötőelemeket alkalmazzanak tűzihorganyzott acélszerkezetek összeszerelésénél. Mivel az egyes horganyzási eljárások eredményeképpen más-más tulajdonságokkal rendelkező bevonatok jönnek létre, ezért he-

lyesen kell megválasztani a kötőelemek korrózióvédelmi technológiáját. A tűzhorganyzás rendeltetése korrózió elleni védelem, melynek hatékonysága, időtállósága szorosan összefügg a kötőelemeken levő bevonat vastagságával (**9. táblázat**).

Eljárás típusa	Szokásos bevonat vastagság (μm)
Galvanikus (elektrolitikus) horganyzás	5-10
Sherardizálás	~15
Tűzhorganyzás	~50

9. táblázat: Bevonatvastagságok alakulása eljárásonként

A tűzhorganyzott acélszerkezeteken kialakított bevonatok vastagsága szokásosan 50–150 μm , ezért az egységes korrózióvédelmi képességek fenntartása érdekében *tűzhorganyzott acélszerkezetekhez, tűzhorganyzott kötőelemek* alkalmazása javasolt.

Amennyiben helytelenül választják meg a tervezők/kivitelezők az acélszerkezetekhez felhasznált kötőelemeket, számolni kell azzal, hogy rövid időn belül korróziós göcök alakulnak ki a kötőelemek környezetében (pl. ha galvanikusan horganyzott kötőelemeket alkalmaznak kültérre).

Nagyszilárdságú feszített kapcsolatok (NF) esetében, a tűzhorganyzás nem jelent semmiféle nehézséget, azonban néhány szempontot figyelembe kell venni alkalmazásakor.

A horgany (Zn) lágy és sima fém (súrlódási tényezője: $\mu < 0,2$), azonban a horganybevonat szerkezetétől függően (ötvözeti rétegek, vagy tiszta cinkkel borított bevonat) ez változhat. A tiszta cinkfelület esetében ez 0,2, illetőleg annál kisebb. Az a bevonat, mely tisztán vas-cink ötvözetből áll, gyakran 0,5, vagy ennél még nagyobb súrlódási tényezővel rendelkezik. A nagyon alacsony ($\mu < 0,2$) súrlódási tényezők nem kedvezőek, ezért néhány intézkedést kell tenni a megfelelő kapcsolat biztosítása érdekében (**10. táblázat**).

Elcsúszó felületek érdesítése szórással.	Súrlódási tényezőt emelő bevonatok felhordása (pl.: alkáli-szilikát cinkpor)
--	--

10. táblázat: Egymáson elcsúszó felületek érdesítésének lehetőségei



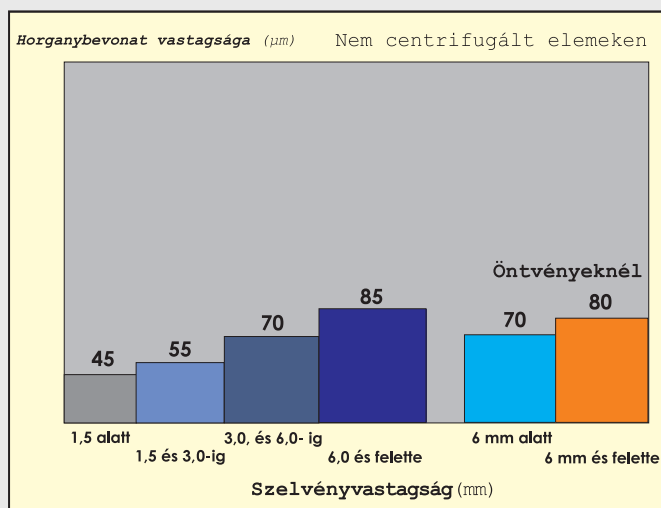
Rétegvastagság mérés

6. Vonatkozó szabványok

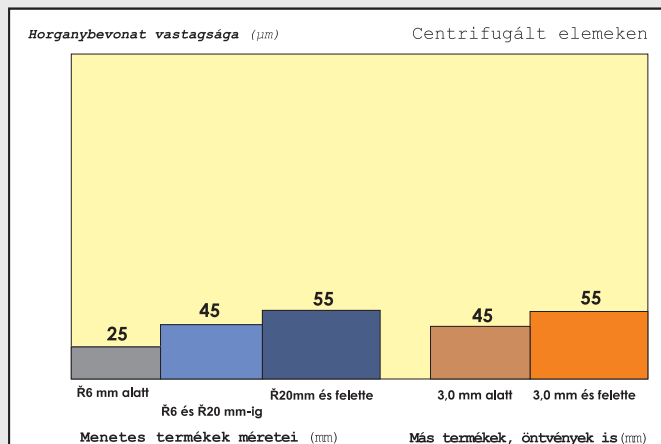
A szabványok alkalmazásáról idézzük fel a legfontosabb elvet, mely kimondja, hogy a szabvány alkalmazása „önkéntes, kivéve, ha jogszabály kötelezően alkalmazandónak nem nyilvánítja”. A fentiekből következik, hogy a tűzhorganyzott acélszerkezetek gyártói, forgalmazói, alkalmazói, stb., illetve a tűzhorganyzó üzemek, mint egységes mércét, alkalmazhatják az érintett szabványokat, de ezektől el is lehet térni, amennyiben a szerződő felek abban jogszerűen megállapodnak. Sőt a korábban érvényes szabványok előírásait még ma is alkalmazhatják kölcsönös elfogadás esetén.

7.1. Az MSZ EN ISO 1461: 2000 bevonatvastagságra vonatkozó előírásai

A szabvány szerinti eljárással felvitt bevonatok vastagsági előírásaira vonatkozóan a grafikonok adnak tájékoztatást. A grafikonokon szereplő vastagsági értékek a legkisebb átlagos értékeket mutatják (**27-28. ábra**). A szabványban szereplő legkisebb helyi értékekre külön adatok vonatkoznak, melyek alacsonyabb határértékeket engednek meg.

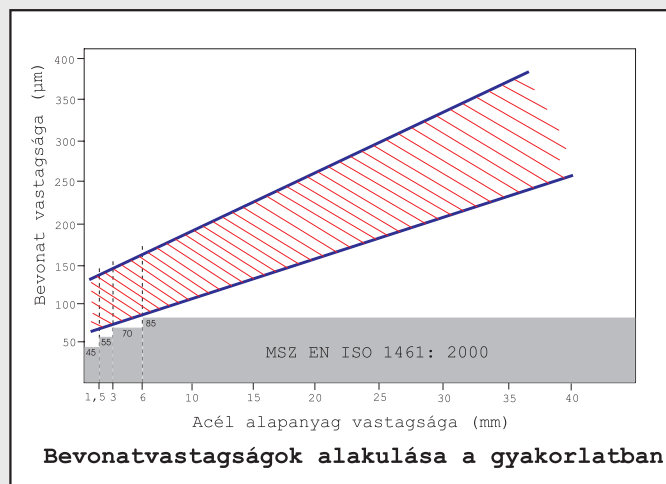


27. ábra: A legkisebb rétegvastagságok (MSZ EN ISO 1461:2000)



28. ábra: A legkisebb rétegvastagságok (MSZ EN ISO 1461:2000) – centrifugált termékek

A tűzhorganyzás gyakorlatában mért értékek szinte minden esetben biztonsággal meghaladják a szabványban szereplő határokat (29. ábra).



29. ábra: Tapasztalati értékek a gyakorlatban

A szabvány szerint a tűzhorganyzó által kijavítandó felület nagysága nem haladhatja meg az adott munkadarab teljes felületének 0,5%-át, de egy-egy hibahely nagysága ekkor is legfeljebb 10 cm² lehet. Ellenkező esetben – ha erre vonatkozóan más megállapodás nincs – újra kell horganyozni a darabot.

A javítás lehetőségei:

- Termikus fémiszórással (cink) – EN 22063 szerint
- Cinkben dús festékekkel
- Cinkötvözetű forrasztással

Fontos megjegyezni, hogy a megrendelő és a tűzhorganyzó már a szerződésben rögzítse a horganybevonat utólagos bevonásának (pl. festés, porszórás) kérdését. Ugyanis a hibahelyek javítása ebben az esetben csak a megrendelővel egyeztetett technológiával történhet. Más esetben kockázatosává válik a termék későbbi felhasználhatósága.

A MSZ EN ISO: 1461: 2000 előírás A, B és C melléklete számos gyakorlati információt tartalmaz. Külön említést érdemel a C melléklet, mely részletesen tárgyalja a megrendelők számára termékeik minőségét meghatározó nagyon fontos tudnivalókat.

Felhasznált irodalom

1. Merkblatt 400: Korrosionsverhalten von feuerverzinktem Stahl, Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf
2. Mechanische Belastbarkeit, Feuerverzinken 1/2004, Institut Feuerverzinken GmbH., Düsseldorf
3. Rune Thomas: Handbuch Feuerverzinkung, Nordisk Försämringsförening, Stockholm, 1989
4. K.-A. van Oeteren: Feuerverzinkung ein hochwertiger industrieller Korrosionsschutz, Expert Verlag, Ehningen bei Böblingen, 1988
5. Peter Maas, Peter Peissker: Handbuch Feuerverzinken, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig-Stuttgart, 1993
6. Arbeitsblätter Feuerverzinken, Feuerverzinken 3/1995, Institut Feuerverzinken GmbH., Düsseldorf
7. Aufbau und Aussehen von Zinküberzügen auf Brennschnittkanten, Feuerverzinken 4/2000, Institut Feuerverzinken GmbH., Düsseldorf
8. Zinküberzüge sind deutlich abriebbeständiger als Beschichtungssysteme, Feuerverzinken 4/2001, Institut Feuerverzinken GmbH., Düsseldorf
9. Peter Gröger: Feuerverzinkung, Metaleurop, Landsberg/Lech, 1995
10. W. Katzung, R. Rittig: Zum Einfluss von Si und P auf das Verzinkungsverhalten von Baustählen, Bericht Nr. 136, Gemeinschaftsausschuss Verzinken e.V., Düsseldorf
11. D. Horstmann, F.-K. Peters: Der Angriff von eisengesättigten Zinkschmelzen auf Eisen im Temperaturbereich von 540° bis 740 °C, Bericht Nr. 57, Gemeinschaftsausschuss Verzinken e.V., Düsseldorf
12. Tűzhorganyzás, EGGA, MTSZ, 2000
13. Zink statt Rost, Beratung Feuerverzinken, Düsseldorf, 1988
14. Korrosionsschutz durch Duplex-Systeme (Feuerverzinken + Beschichten), Institut Feuerverzinken GmbH, Düsseldorf
15. Feuerverzinken + Beschichten = Duplex-System, Beratung Feuerverzinken, Hagen, 1986
16. Merkblatt 329: Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken), Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf
17. Beckert-Neumann: Hegesztési alapismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
18. Merkblatt ATV-M 765 Emissionen aus der metallverarbeitenden Industrie, Teil 6: Feuerverzinken, GFA – Verlag, Hennef, Deutschland, 1999
19. Hot-Dip Galvanising Plant Equipment, Dunaújváros, 2003
20. GALFAN, Institute EUROPEEN DU ZINC, Zinkberatung e. V., Zinc Development Association, Centro Italiano Promozione Zinco, Centre Technique du Zinc
21. Merkblatt 110: Schnittflächenschutz und katodische Schutzwirkung von bandverzinktem und bandbeschichtetem Feinblech, Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf
22. Merkblatt 235: Weich- und Hartlötten von bandverzinktem Feinblech, Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf
23. Kristóf Csaba: Tűzhorganyzott acélszerkezetek horganyzás utáni hegesztése, Konferencia kiadvány, Magyar Tűzhorganyzók Szövetsége, Dunaújváros, 2002
24. Dr. Mihalik Árpád, Csicsovszki Gábor: Cink és cinktartalmú hulladékok újrafeldolgozása I., Tűzhorganyzás 1/2005, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
25. Dr. Mihalik Árpád, Csicsovszki Gábor: Cink és cinktartalmú hulladékok újrafeldolgozása II., Tűzhorganyzás 2/2005, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
26. Zinc Recycling – Zinc Coated Steel, IZA-EUROPE, EUROFERR, EGGA (1999)
27. Feuerverzinkter Betonstahl, Feuerverzinken, Beratung Feuerverzinken NR. 3, Düsseldorf, 1994
28. Rebar: A Processing and Inspection Guide for Quality Hot Dip Galvanized Reinforcing Steel, American Galvanizers Association, 1998
29. Zink in der Umwelt, International Zinc Association; Institut Feuerverzinken GmbH., Düsseldorf
30. K.-A. van Oeteren: Feuerverzinkung und Duplexsystem, Expert Verlag, Renningen-Malmsheim, 1994
31. Werner Katzung, Daniel Marberg: Korrosionsschutz, Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge, Kommentar zu DIN EN ISO 1461, Beuth Verlag, Berlin, 2003
32. Dr. Hencsei Pál: Kontakt korrózió, Tűzhorganyzás 1/2004, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
33. Dr. Török Tamás–Becze Levente: Vas-cink ötvözetfázisok (intermetallikus vegyületek) a tűzhorganyzott acélszerkezetek felületén, Tűzhorganyzás 3/2003, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
34. Antal Árpád: Érdes felületek- eltérések és hibák I., Tűzhorganyzás 3/2004, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
35. Antal Árpád: Érdes felületek és hibák II., Tűzhorganyzás 4/2004, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
36. Antal Árpád: Emissziócsökkentés korszerű tűzhorganyzó üzemekben I., Tűzhorganyzás 1/2005, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
37. Antal Árpád: Emissziócsökkentés korszerű tűzhorganyzó üzemekben II., Tűzhorganyzás 2/2005, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
38. Antal Árpád: Emissziócsökkentés korszerű tűzhorganyzó üzemekben III., Tűzhorganyzás 3/2005, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
39. Dr. Wágner Ödön: A cink biológiai jelentősége, Tűzhorganyzás 4/2003, NAGÉV Kft., Hajdúböszörmény
40. Tűzhorganyzás, European General Galvanizers Association, IZA-Europe, Magyar Tűzhorganyzók Szövetsége (2001)
41. Feuerverzinken GmbH., Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN, www.feuerzinken.com
42. Antal Árpád: Tűzhorganyzásra ajánlott acélszerkezeti konstrukciók – A káros deformációk elkerülése, Acélszerkezetek I. évf. 2. szám
43. Richtlinie für die Herstellung feuerverzinkter Schrauben, Deutscher Schraubenverband e.V., 2002
44. DIN 267. Teil 10. 1988 MSZ EN ISO 10684: 2005
45. W. Zimmermann, F. S. Rostásy: Der Reibbeiwert belasteter und unbelasteter feuerverzinkter HV-Verbindungen in Abhängigkeit von der Zeit, Der Stahlbau, 46. Jahrgang, Berlin, 1977



