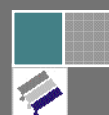


2013.

TŰZIHORGANYZOTT ACÉLSZERKEZETEK

Online szakfolyóirat

Tervezőknek, gyártóknak és felhasználóknak – I. évfolyam, 2. szám



Tisztelt Olvasóink!

Annak ellenére, hogy az Európai Unió piacain nem látszanak a komoly gazdasági fellendülés jelei, a Magyar Tűzihorganyzók Szervezete vezetése a következő évekkel kapcsolatban optimista. Ennek alapvető oka, hogy a hazai acélszerkezetgyártó vállalkozások és a tűzihorganyzó vállalatok nagyobbik hányada alkalmazkodni tudott az elmúlt nehéz évek eseményeihez. Költségeiket igyekeztek csökkenteni, a tűzihorganyzás (bérhorganyzás) piaci árai a válság kirobbanása előtti árkhoz viszonyítva jelentősen visszaestek, ami viszont az acélszerkezetgyártó vállalatok számára versenyképességük növeléséhez járult hozzá. Így ma a két iparágban dolgozó vállalkozások jelentős része megújulva várja a következő évek még bizonytalannak látszó fellendülését. Ebben a folyamatban a súlypont továbbra is várhatóan az export területe lesz. Ahhoz, hogy megfelelő minőségű és versenyképes költségekkel előállított termékkel jelenjenek meg a magyar iparvállalatok, fontos szakembereik állandó és intenzív képzése, a tanulás. Online lapunkkal ennek a célnak az elérését kívánjuk szolgálni. Októberi kiadványunkban is olyan alapismereteket teszünk közzé, melyek döntően meghatározzák a majdani termékek piacképességét.

Első évfolyamunk második számában igyekszünk információkat adni Olvasóinknak a cink (horgany) felhasználása területeiről, a horganybevonatok alapvető alkalmazási lehetőségeiről és az európai tűzihorganyzó ipar helyzetéről. A korrózióvédelmet tervező szakemberek a gyakorlatban könnyen hasznosítható tanácsokkal látjuk el a megfelelő horganybevonat tervezésével és az ajánlott acélminőség kiválasztásával kapcsolatban.

2013. október 31.

Magyar Tűzihorganyzók Szervezete

Szakmai Bizottsága

FIGYELEM: A lapban közölt információkat – az alább közölt korlátozásokkal - minden olvasó saját elhatározása szerint használhatja fel, az ebből eredő esetleges károkért a kiadó nem vállal semmiféle felelősséget. A folyóiratban közölt cikkek, fényképek és ábrák más kiadványban, nyomtatott és elektronikus termékben történő felhasználása, vagy bármilyen módon történő publikálása, közlése csak a Magyar Tűzihorganyzók Szervezete írásos engedélyével történhet.

A tűzihorganyzás alkalmazási területei

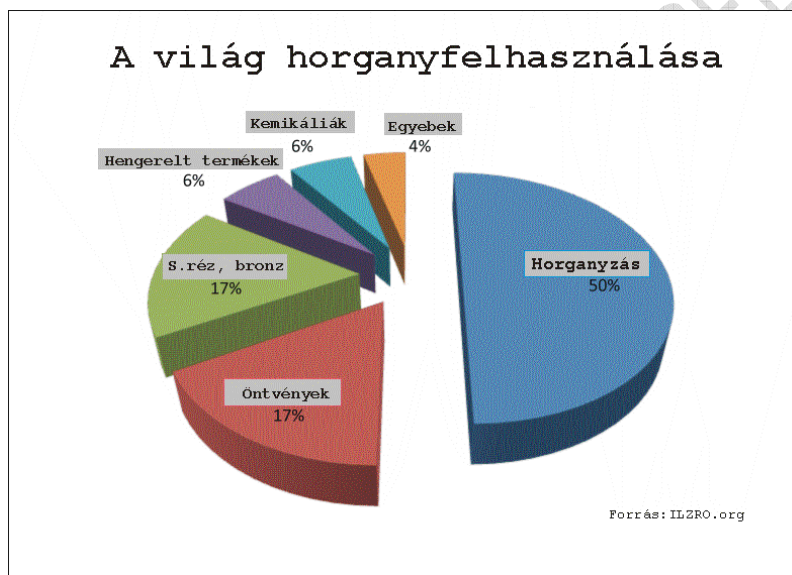
A horgany (cink) a vas, a réz, az alumínium mellett a legnagyobb mennyiségben felhasznált ipari fémünk. A világban felhasznált mennyisége 2012-ben meghaladta a 12 millió tonnát. Ennek jelentős része – becslések szerint – mintegy 40%-a újrafelhasznált fém, melyet a horganytartalmú hulladékok feldolgozásából nyernek (forrás:www.ilzsg.org).

Év	2008	2009	2010	2011	2012
Ércbányászat	11875	11620	12527	12661	13534
Fémtermelés	11774	11298	12896	13080	12593
Felhasználás	11574	10932	12649	12706	12342

1. ábra: A világ cinkérc bányászata, finomított cinktermelése és felhasználása (tonna)
(forrás: ILZSG)

A cink alkalmazása a világban

A világ cinkfelhasználását tekintve, legnagyobb mennyiségben korrózió elleni védelem céljaira alkalmazzák (2. ábra), e mellett jelentős szerepe van a különféle fémötvözetek és horganybázisú öntvények gyártása területén.



A korrózióvédelmi felhasználás tartalmazza a tűzihorganyzás, elektrolitikus bevonás (galvanizálás), fémszórás, valamint egyéb, kisebb mennyiségben alkalmazott technológiák során felhasznált fém mennyiségét. A tűzihorganyzás területén a lemeztermékek bevonása (folyamatos technológia), illetve a darabáru tűzihorganyzás során használják fel a fémeket.

2. ábra: A világ horganyfelhasználás megoszlása

Acélszerkezetek tűzihorganyzása Európában és hazánkban

Az Európai Általános Tűzihorganyzók Szövetsége (EGGA: European General Galvanizers Association) tagországai tűzihorganyzó ipara termelése – az elmúlt évek válságos időszaka ellenére - az elmúlt két évtizedben közel megduplázódott. A tagországok termelése 2012-ben meghaladta a 6 millió tonnát, amely közel 10 %-kal kisebb a 2009 évi csúcsidezőszak termeléséhez képest. A termelés szerkezetét tekintve legnagyobb piaci részesedéssel az „Épület acélszerkezetek” piaci szegmens rendelkezik.

2012	Épület acélszerk.	Útépítések acélszerk.	Energetikai acélszerk.	Mezőgazdaság acélszerk.	Szállítás acélszerk.	Kötőelemek	Ipari acélszerk.	Egyéb acélszerk.
Mennyiség (t)	2711325	899345	501931	486107	429906	184050	544006	335374
Részesedés (%)	44,5	14,8	8,2	8,0	7,1	3,0	8,9	5,5

3. ábra: Az EGGA-tagországok tűzihorganyzása (2012)

A Magyar Tűzihorganyzók Szervezete (MTSZ) által a magyar tűzihorganyzó iparra megadott adatok alapján 2012-ben közel kilencvenezer tonna acélszerkezetet horganyoztak hazánkban, amely az előző évi kibocsátáshoz viszonyítva enyhe emelkedést mutat.

Tűzihorgany bevonatok alkalmazási lehetőségei – korróziós követelmények

Cikkünk 2. ábrája alapján látható, hogy a fém legnagyobb jelentősége a korrózió elleni védelem területén van, így a tűzihorgany bevonatok elsődleges rendeltetése is a környezet korrozív hatásai elleni védelem. A cink alkalmazási lehetőségei széleskörűek (4 – 5. ábra), de elsődleges felhasználási területe légköri igénybevételek.

Igénybevétel (EN ISO 14713-1:2009)	Jellemző alkalmazási feltételek
Légköri hatások	C1...C5 korróziós kategóriák (ISO 9223:2009)
Víz alatti igénybevétel*(EN 12502-3)	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
Kemikáliáknál*	5,5...12,5 pH között
Faanyagokhoz kapcsolva (EN ISO 14713-1:2009)	Alkalmas, de magas savtartalmú fáknál kismértékű korrózióval kell számolni

*Szakemberrel kell egyeztetni a megfelelőséget.

4. ábra: A tűzihorgany bevonatok szokásos alkalmazási területei

A légköri hatásokkal kapcsolatos korróziós követelmények viszonylag egyszerűbben áttekinthetők, a bevonat tervezése is könnyebb feladat. Vízalatti igénybevétel, talajkorróziós viszonyok, vagy egyéb anyagokkal kapcsolatos alkalmazásnál már szakember véleményét kell kikérni.

Anyagcsoport	Lehetséges alkalmazás
Szénhidrogének	Benzol, toluol, xilol, ciklohexan, könnyű szénhidrogén, petróleum, nehézbenzin, lakkbenzin, tiszta dízelolaj, terpentin, olajfestékek, kenőolaj, stb.
Alkoholok	Isopropanol, glykol, glicerin
Halogenidek	Számos szerves monohalogenid, 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.

5. ábra: A horgany felhasználási lehetőségei kemikáliáknál (példák)

A ISO 9223:2012 szabvány keretekbe foglalja a tudományos tapasztalatokat különféle fémek (szénacél, cink, alumínium, rozsdamentes acél, réz) légköri hatásokra bekövetkező fogyásával kapcsolatosan. A szabványban foglalt egyes korróziós kategóriák (C1...CX) fogalmi egységesítve lettek, ezekben szereplő jellemzőknek megfelelően változnak a cink évenkénti fogyásának értékei is (6. ábra). Az értékek egy adott terület makroklímájára vonatkoznak.

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

6. ábra: A cink éves korróziós rátái (ISO 9223:2012)

A bevonat tervezésénél elsőként az objektum a leendő helyén fellépő várható klimatikus hatásokat kell meghatározni, majd ezeket kell besorolni a megfelelő korróziós osztályba (C1→CX). Az egyes osztályhoz tartozó horganyfogyási érték ($\mu\text{m}/\text{év}$) alapján lehet megtervezni a minimálisan szükséges bevonat vastagságot. Egy szakaszos darabú horganyzással kialakított bevonatot akkor szükséges felújítani, ha vastagsága 25 – 30 μm értékre csökkent. Ennek megfelelően meg kell növelni az elvárt minimális kiinduló rétegvastagságot. Amennyiben az acélszerkezet helyi alkalmazási viszonyai eltérnek az általános környezetre jellemző hatásoktól, akkor a kérdéses mikroklima korróziós igénybevételeit is figyelembe kell venni. Ilyenkor korrózióhoz értő szakember tanácsát célszerű kikérni.

Megjegyezzük, hogy a már említett ISO 9223:2012 szabvány szerint matematikai modell segítségével is meg lehet határozni a várható korróziós fogyások értékét.

A cink korróziója Európában

Több európai országban rendszeresen vizsgálják a különböző anyagok (pl. fémek, kövek, beton) légköri igénybevétel hatására történő erodálódását. Példaként bemutatjuk, hogy Nagy-Britanniában a múlt század '60-as éveitől 10 évente végzett kitéti vizsgálatok utolsó mérési adatai alapján hogyan alakulnak az ország korróziós viszonyai (kategóriák). Erről ad tájékoztatást a cikk 7. ábrája.

Korróziós kategória	1	2	3	4	5
Közepes korróziós ráta	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
85 μm vastag horganybevonat várható közepes élettartama (év)	170	85	57	43	34

Forrás: hdg.org.uk



7. ábra: Korróziós kategóriák Nagy-Britanniában

Európa több országában (pl. Németországban, Benelux-államokban) a fentiekhez nagyon hasonló értékeket mutatnak a korróziós veszteségek. A vizsgált, iparilag fejlett országokra - tengerparti sávok kivételével - jellemzően a C1..C3 kategóriák figyelhetők meg. A Magyar Tűzihorganyzók Szervezete egyik fontos feladatának tekinti, hogy Magyarországra is meghatározásra kerüljenek az egyes országrészekre jellemző makroklímák, melyek várhatóan majd jól illeszkednek a más országokban tapasztalt viszonyokhoz.

a-á

A EN ISO 14 713:2009 szabványról tervezőknek és acélszerkezet gyártóknak

A MSZ EN ISO 14713:2010 „Horganybevonatok. Útmutatók, ajánlások vas- és acélszerkezetek korrózió elleni védelméhez” három részben foglalja össze az acél szerkezetek korrózióvédelmének tervezésére vonatkozó irányelveket. Az alábbiakban a szabvány 1. részével, a tervezés és a korrózióállóság általános alapelveivel ismerkedünk meg.

A direktíva a horganybevonatok tervezéséhez három szempont szerint ad útmutatást: a rendelkezésre álló bevonatképzési technológiák, a termék kialakítása és a környezeti igénybevételek szerint. Tervezők és gyártók számára elengedhetetlenül fontos a szabvány ismerete. Nem csak azoknak, akik első alkalommal terveznek horganybevonatos korrózióvédelmet, hanem a tapasztaltabb tervezőknek is, amikor különleges környezeti igénybevétel éri az acélszerkezetet, vagy azok geometriai kialakítása eltér a megszokottól. A tervezési fázisban történő gondos, körültekintő eljárással sok, később nem, vagy csak komoly többletráfordítással kiküszöbölhető hibát lehet megelőzni. Azonban a szabvány és a benne megadott kapcsolódó előírások alapos ismerete sem ad minden körülményre vonatkozóan pontos útmutatást, ezért ilyenkor ajánlatos a horganyzó üzemekben dolgozó szakemberek véleményét is kikérni.

Horganybevonat kialakítására többféle eljárás ismert, melyek mindegyikének megvan a létjogosultsága. Vannak elterjedtebb, általánosan alkalmazott módszerek (darabáru tűzihorganyzás, folyamatos lemez horganyzás, galvanizálás) valamint speciálisabb, kisebb volumenben használt módszerek (sherardizálás, termikus cinkszórás, plattírozás). A horgany felvitelének technológiája meghatározza a bevonat tulajdonságait, az alkatrész geometriájával, alapanyagával kapcsolatos követelményeket, ezért a korrózióvédelmi bevonat tervezésének első lépése a megfelelő technológia kiválasztása.

A horganybevonatok tervezésekor az alábbi tényezőket kell figyelembe vennünk:

- Az alkatrész alapanyaga.
- A bevonat kiválasztása.
- Az alkatrészek geometriai kialakítása.
- Felhasználási körülmények, környezeti hatások.
- Bevonat vizsgálati módszerek.

Az acélszerkezetek alapanyaga

Bevonat készítésekor az alapfém és a horgany között - tűzihorganyzás esetén - termodiffúziós folyamatok játszódnak le, melyet az alapanyagban lévő ötvözők (elsősorban a szilícium és foszfor) erősen befolyásolnak, ezért az alapanyag megválasztásánál különös gondossággal kell eljárni. Ugyanakkor más eljárások az alapanyag metallurgiai és kémiai tulajdonságaira kevésbé érzékenyek.

A fenti korlátozás mellett, szempontunkból fontos eljárásra, a tűzihorganyzásra az acélok széles köre alkalmas, melyeket az alábbi kategóriákba sorolhatunk:

- Szénacélok (EN 10025-2 és EN 10080 szerinti acélok).
- Nagy szilárdságú, de gyengén ötvözött acélok (HSLA acélok, EN 10025-6).
- Alacsony ötvözésű acélok (pl. EN 10083-1).

Az alapanyagok akár melegen, akár hidegen hengerelt termékek is lehetnek.

Az öntöttvasak nagy része is alkalmas tűzihorganyzásra (lemezgrafitos, gömbgrafitos, temperöntvények).

A bevonat kiválasztása

A bevonat kiválasztásánál (mely egyben a bevonat kialakítási módszerének kiválasztását is jelenti) az alábbi szempontokat kell figyelembe vennünk:

- általános környezeti hatások (makroklíma),
- környezet helyi hatásai (mikroklíma),
- bevonat megkövetelt élettartama (első karbantartásig),
- érintkező alkatrészek,
- utókezelés, passziválás szükségessége,
- festés szükségessége,
- technológia hozzáférhetősége, költsége,
- az esetleges karbantartás egyszerűsége.

A kiválasztott bevonat (rendszer) alkalmazásához szükséges követelményeket az acéltermék gyártójával és a bevonat készítőjével egyeztetni kell.

Tervezési követelmények

Az alkatrészek geometriai kialakítása meghatározza az alkalmazható bevonatot (bevonatrendszert), ezért bizonyos esetekben szükség lehet az alkatrészek áttervezésére a megfelelő technológia által támasztott előírásoknak megfelelően.

A szerkezetekkel szemben támasztott általános követelmények a korrózió elkerülése érdekében:

- lehetővé kell tenni a könnyű tisztíthatóságot és bevonat karbantartást,
- nedvesség és szennyeződés gyűjtő helyek ne legyenek a terméken,
- takart felületek korrózióvédelme a szerkezet elvárt élettartamáig biztosított legyen,
- elektrokémiai korrózió ne lépjen fel,
- más építőanyagokkal történő érintkezés feltételeit ellenőrizni kell,
- bevonatképzési eljárás alkalmazási korlátai,
- horganyzást követő további megmunkálásokat figyelembe kell venni,
- esetleges szállításból adódó sérülések lehetőségeinek figyelembevétele,
- alkatrészek jelölése,
- lehetséges deformációk kockázatának elemzése.

Csövek és zártszelvények felületvédelmének kialakításakor szem előtt kell tartani, hogy ha szárazak és hermetikusan zártak, akkor a belső felületek korrózióvédelmétől el lehet tekinteni. Ellenkező esetben, a belső felületeken a külsővel egyenértékű bevonatot kell kialakítani.

De tűzihorganyzás esetén – a technológiából következően - a csöveken és zártszelvényeken befolyó és levegőző nyitásokat kell alkalmazni. Itt azonos vastagságú bevonat alakul ki a külső és belső felületeken egyaránt-

Horganybevonattal ellátott **szerkezetek kötőelemeinek** olyan korrózió elleni védelmet kell biztosítani, mely egyenértékű a szerkezetre kiválasztott horganybevonatával. Ezért itt a kötőelemek tűzihorganyzása és sheradizálása jöhet szóba.

A horganyzott szerkezetek esetében nagyfeszültségű csavarkötések kialakítására a kötőelem érintkező felületein levő horganybevonat eltávolítása nélkül is lehetőség van.

Horganyzásra kerülő **szerkezetek hegesztésekor** számos szempontot szükséges szem előtt tartani, melyek közül a legfontosabbak:

- A hegesztett kötéseket a tűzhorgany bevonat elkészítése előtt célszerű kialakítani.
- Cseppleválasztó spray alkalmazása nem javasolt, amennyiben mégis szükséges, akkor szilikonmentes, illetve vízben oldódó spray anyag alkalmazása javasolt.
- Törekedni kell a szimmetrikus varratképre.
- A felesleges varratmaradványokat még tűzhorganyzást megelőzően kell eltávolítani, a hegesztések környezetét minden esetben meg kell tisztítani.
- Gyártás közbeni (alapozó átmeneti védelem) alkalmazása az acélszerkezeten nem célszerű, mert fémmel történő bevonást megelőző előkezelés során nem lehet eltávolítani.
- Horganyzott szerkezeti elemek hegesztése előtt a hegesztési varrat környezetében a bevonatot el kell távolítani.
- Horganybevonattal ellátott felületek hegesztésénél a munkaegészségügyi előírásokat be kell tartani (helyi elszívás, szellőztetés).
- Hegesztést követően a sérült bevonatrészekben az eredeti bevonattal megegyező korrózióvédelmet kell biztosítani.

Az ISO 12944-5 és az EN 13438 szabványok adnak információt tűzhorganyzott szerkezetek felületén kialakítandó **festékbevonatok létrehozásának** feltételeiről. Ezzel a módszerrel képzett védőrétegeket duplex bevonatoknak nevezzük. Használatuk alatt szinergia-hatás lép fel, a horgany megakadályozza a festékréteg alározsdásodását, míg a festékbevonat megakadályozza a horgany korai korrózióját. Így a duplex bevonat élettartama jóval nagyobb, mint az őt alkotó bevonatok élettartamának összege.

A **horganybevonatok karbantartásának** tervezésekor az alábbi szempontokat célszerű megfontolni:

- A szerkezet élettartama hosszabb, mint a bevonat élettartama, mivel a védelem nélküli szerkezet korróziós tartalékkal bír.
- Ha a horganybevonatot festéssel kívánjuk karbantartani, célszerű azt a bevonat tönkremenetele előtt megtenni (még 20-30 mikron meglévő bevonatvastagság esetén). Ellenkező esetben a szerkezetet úgy kell kezelni, mint egy rozsdásodott festett szerkezetet.
- Ha a bevonatot annak tönkremenetele után kívánjuk javítani, szóba jöhet az alkatrészek újra horganyzása is.

Korrózió különböző környezetekben

Légköri korrózió esetén a horgany korróziós rátája függ a korróziós hatás idejétől, és évek múlásával a mértéke csökken. Korróziós veszteségeiről az ISO 9224 szabvány ad bővebb tájékoztatást.

Általános szabályként elmondható, hogy 60%-nál alacsonyabb relatív páratartalom esetén az acél korróziója elhanyagolható, így nincs szükség horganybevonatra (legtöbb épület belső terében). Ennél magasabb páratartalomnál, vagy ahol nedvesség éri a felületeket, esetleg páralecsapódás alakul ki, ott az acélszerkezetek korróziója sokkal komolyabb mértéket ölt. Erősíti a korróziós hatást az ilyen felületeken összegyűlő szennyeződés is, melynek megtarthatják a nedvességet, vagy a pára hatására korrozív oldatot képeznek. A hőmérséklet ingadozása is növeli a korrózió sebességét. A fentiek jó példázatok, hogy a szerkezet közvetlen környezetében uralkodó viszonyok (mikrokörnyezet) gyakran sokkal fontosabbak az általános klimatikus viszonyoknál (makrokörnyezet), ezért a tervezés során komoly erőfeszítéseket kell tenni ezek meghatározására.

Korroziós kategória (C) Korrózió sebesség (r_{corr}) ($\mu\text{m}/\text{év}$) Kategória jellemzése	Példák a tipikus környezetekre	
	Beltér	Kültér
C1 $r_{corr} \leq 0,1$ nagyon kicsi	Fűtött terek, alacsony relatív páratartalommal és jelentéktelen légszennyezéssel, pl.: irodák, iskolák, múzeumok.	Száraz vagy hideg klíma, atmoszférikus igénybevétel nagyon alacsony légszennyezéssel és csekély nedvességgel, pl.: bizonyos sivatagok, északi és déli sarok központi vidékei.
C2 $0,1 < r_{corr} \leq 0,7$ kicsi	Nem fűtött terek, ingadozó hőmérséklet és relatív páratartalom mellett. Ritka csapadék kondenzáció és csekély légszennyezettség, pl.: sportcsarnokok, raktárak.	Mérsékelt klíma, csekély légszennyezés ($\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), például.: vidéki területek, kisvárosok. Száraz, vagy hideg klímaterület, atmoszférikus igénybevétel, rövid ideig tartó nedvességgel, pl.: sivatagok, szubarktikus területek.
C3 $0,7 < r_{corr} \leq 2$ közepes	Terek alkalmasszerű csapadék kondenzációval és technológiától függő mérsékelt légszennyezéssel, pl.: élelmiszer-feldolgozók, mosodák, pékségek, tejüzemek.	Mérsékelt klíma, közepes légszennyezés (SO_2 : $5 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), vagy csekély klorid-terhelés, pl.: városi területek, tengerpartok kevesebb klorid- lecsapódással, szubtrópusi vagy trópusi klíma alacsonyabb légszennyezettséggel.
C4 $2 < r_{corr} \leq 4$ nagy	Terek gyakori csapadék kondenzációval és technológiából származó magasabb légszennyezéssel, pl.: ipari berendezések, uszodák.	Mérsékelt klíma, magasabb légszennyezés (SO_2 : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vagy jelentős klorid-terheléssel, pl.: szennyezett városi területek, tengerpartok sósvíz permet nélkül, erős sósharmat igénybevétel, szubtrópusi és trópusi klíma közepes légszennyezéssel.
C5 $4 < r_{corr} \leq 8$ nagyon nagy	Terek nagyon gyakori csapadék kondenzációval és /vagy technológiából származó magasabb légszennyezéssel, pl.: bányák, ipari aknák, nem szellőztetett terek szubtrópusi és trópusi klímában.	Mérsékelt és szubtrópusi klíma, atmoszférikus igénybevétel nagyon magas légszennyezéssel (SO_2 : $90 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) és/vagy különösen erős klorid-terheléssel, pl.: ipari területek, tengerpartok.
CX $8 < r_{corr} \leq 25$ extrém	Terek folyamatos csapadék kondenzációval vagy hosszú időtartamú nedvességhatásokkal és/vagy technológiából származó magasabb légszennyezéssel, pl.: szellőtlen terek nedves, vizes helyen, trópusi klíma a beltérbe behatoló külső szennyezett levegővel, ehhez kapcsolódóan korróziót kiváltó erős klorid-szennyezéssel és szilárd részecskékkel.	Szubtrópusi és trópusi klíma (nagyon hosszú ideig tartó nedvességhatások), nagyon magas légszennyezettség (SO_2 : több mint $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$), egyútt technológiából származó kísérő légszennyezéssel és/vagy erős klorid-terheléssel, pl.: extrém ipari területek, tengerpartok és tengerparti hatáskörű területek, alkalmi sósvíz érintkezés.

Megjegyzés: A táblázathoz számos kiegészítő magyarázat tartozik, melyek a pontos értelmezéshez a szabványban megtalálhatók.

8. ábra: A tipikus légköri környezet meghatározása a becsült korróziós kategóriák tekintetében (kivonat az EN ISO 14713-1:2009 szabványból)

A 8. ábra bemutatja a horganybevonatok várható korróziós rátáit, melyekkel kalkulálni kell az ISO 9223:2012 szabvány által definiált korróziós kategóriák esetén. A korróziós kategóriák felhasználásával meghatározhatók az egyes bevonattípusok első felújításig tartó élettartama (9. ábra). Az elvárt élettartam maximuma és minimuma megadásra került a tartóssági osztályok feltüntetésével. A tartóssági osztály kategóriái:

Nagyon alacsony (NA)	0-tól 2 évig.
Alacsony (A)	2-től 5 évig.
Közepes (K)	5-től 10 évig.
Magas (M)	10-től 20 évig.
Nagyon magas (NM)	több mint 20 év.

Bevonat típusa és szabvány száma	Minimális bevonat vastagság μm	Választott korróziós osztály (ISO 9223)							
		Élettartam min/max (évek)							
		Tartóssági osztály (NA, A, K, M, NM)							
		C3		C4		C5		CX	
Tűzi-horganyzás ISO 1461	85	40/>100	NM	20/40	NM	10/20	M	3/10	K
	140	67/>100	NM	33/67	NM	17/33	NM	6/17	M
	200	92/>100	NM	48/95	NM	24/48	NM	8/24	M
Folyamatos szalag-horganyzás EN 10346	20	10/29	M	5/10	K	2/5	A	1/2	NA
	42	20/60	NM	13/26	M	5/10	K	2/5	A

9. ábra: A bevonatrendszerek élettartama az első felújításig a korróziós osztályok függvényében (kivonat a MSZ EN ISO 14713-1:2010 szabványból)

Megjegyezzük, hogy a szabványban levő táblázatból csak az építőipari szempontból két legfontosabb bevonattípust vizsgáltuk. A szabvány a táblázathoz számos kiegészítő magyarázatot tartalmaz, melyek a pontos értelmezéshez szükségesek.

Talajjal érintkező horganybevonatok tervezése a talajok sokféleségének (pH tartalom, villamos vezetőképesség, ásványi anyagtartalom, organikus összetevők, víz és oxigén tartalom) köszönhetően igen nehéz feladat. A talajok korróziós hatására vonatkozóan az EN 12501-1 szabvány is tartalmaz adatokat. Bár a legtöbb talajban a horgany korróziós rátája kisebb, mint $10 \mu\text{m}/\text{év}$, a számos tényező, mely ezt az értéket módosíthatja, megköveteli a témakörben jártas szakember közreműködését talajjal érintkező bevonatok tervezésénél.

Vízzel érintkező horganybevonatok tervezésénél is több szempontot kell figyelembe venni, úgymint a víz keménysége, sótartalma, kémiai összetétele, hőmérséklete, nyomása, áramlási sebessége és az oxigén jelenléte mind-mind fontos. A horganyt nem szabad használni forró lágy vízben és kondenzvízeknél, ugyanakkor kemény hideg vizek esetén élettartama megfelelő. Ingadozó vízszintű zónák esetében légköri korrózióval és koptató hatással is számolni kell.

Vízzel szembeni igénybevétel esetén minden esetben szakember tanácsát szükséges kikérni.

A természet **abráziós (koptató) hatásának** a horganybevonatok jól ellenállnak, 10-szer ellenállóbbak, mint egy normál festékbevonat. A tűzihorgany bevonat ezt a tulajdonságát annak köszönheti, hogy a vas-horgany ötvözet nagyon kemény. Kerekekkel sűrűn járt, gépjárművek által használt felületeken ennek ellenére tapasztalhatunk súlyos kopásokat.

Kémiai anyagok horganybevonatra gyakorolt hatásának vizsgálatakor elsősorban azok pH értékét kell figyelembe venni. A pH 5,5 és pH 12,5 tartományban a horganybevonat ellenálló. Vannak azonban tényezők (mozgás, szellőztetés, hőmérséklet, polarizáció, stb.) melyek a korróziós rátát módosíthatják. Hosszan tartó és ismétlődő közvetlen érintkezés savval és erős lúgokkal nem javasolt. Mindenképpen célszerű ehhez értő szakember tanácsát kikérni.

Magas környezeti hőmérséklet a horganybevonatok általában jól bírják. 200 °C-nál magasabb hőigénybevétel nem tárgya e szabványnak. Ilyen hőmérsékletek kémények, füstgáz csatornák esetében tapasztalhatók, és hasonló esetekben mindig szakember tanácsát kell kérni.

A **betonban levő** felületvédelem nélküli elemek (betonacélok) korrodálni kezdenek, amint a külső nedvesség a beton repedésein és pórusain át behatol. A korróziós termékek térfogat növekedésük révén feszültséget ébresztenek a betonban, és annak károsodását, repedezését okozzák. A horganybevonatok (tűzihorganyzott betonacélok – ISO 14657) lehetőséget adnak a vasbeton szerkezetek ilyen jellegű károsodások elkerülésére.

A horganyzott betonvasak korrózió elleni védelmét több kedvező tényező együttes hatása biztosítja. Először is a horgany korróziós küszöbértéke (korrózióállósága) a kloridokra nézve lényegesen magasabb, mint a bevonat nélküli acélnak, másrészt a beton megszilárdulása során létrejövő pH csökkenésnek is jobban ellenáll. A cink kezdeti korróziója során olyan vegyület jön létre, mely oldhatatlan és megvédi az alatta levő bevonatot a további korróziótól.

Magas pH értékű betonoknál, amelynek klorid-tartalma van, túlzott hidrogénfejlődés léphet fel, mely csökkenti a betonacél kihúzási szilárdságát (tapadását a betonhoz). A hidrogén okozta károk elkerülése céljából szükség lehet a bevonat passziválására. Normál betonozási körülmények esetén a kutatások nem tudtak kimutatni különbséget a kihúzási szilárdságnál a passzivált és passzivatlan betonacélok között.

Horganybevonatok különböző **fafajtákkal való kapcsolata** sikeresen megoldható. Egy-két magas savtartalmú fa (tölgy, szelídgesztenye, nyugati vörös cédrus) esetén magasabb kezdeti korróziót tapasztalhatunk. Szükség esetén az érintkező felületeket festéssel elválaszthatjuk egymástól.

Amikor két különböző fém közvetlen érintkezésbe kerül, és egy elektrolit pl. nedvesség is jelen van, nagy a valószínűsége, hogy **fém-pár korrózió** (kontakt-korrózió) jöjjön létre. A negatívabb, az anódként oldódó fém megvédi a másik fémet a korróziótól. Ez az a speciális hatás mely biztosítja, hogy a horganybevonat sérüléseinek helyén az acél nem korrodál. A kontakt-korrózió jelensége azonban a horganybevonattal rendelkező szerkezeti elemek más fémekből készülő elemekkel történő összeépítésénél káros is lehet. Megelőzésének legegyszerűbb módja a fémek közvetlen érintkezésének megakadályozása pl. műanyag alátétek, távtartók alkalmazásával. Az egyes fémek érintkezésekor esetlegesen fellépő korrózió lehetőségét a szabvány 3. táblázata mutatja be.

A MSZ EN ISO 14713-1:2010 áttekintése során megtudtuk, hogy a horganybevonatok tervezése számos tényező figyelembe vételét követeli meg. Legfontosabb mindezek közül talán a bevonatot támadó korróziós hatások megismerése. Legegyszerűbb dolgunk a légköri korrózió meghatározásánál van, ahol a szabvány konkrét korróziós ráták megadásával segíti a bevonat élettartamának meghatározását. Ebben az esetben a makrokörnyezeti hatásokból indulunk ki, de láthattuk, hogy a mikrokörnyezeti hatások néha erőteljesebb korróziós igénybevételeket okoznak, melyekre mérőszámok csak nagy általánosságban, vagy egyáltalán nem is léteznek. Ilyenkor még a tervezési folyamat során fontos a szakemberek bevonása a tervezésbe. Itt elsősorban nem a horganyzó üzemekben dolgozó szakemberekre gondolunk. Egyszerűbb problémáknál bizonyára ők is tudnak útmutatást adni, de számos esetben a tapasztalati adatok és kísérletek alapján, korróziós szakember segítségével lehet csak megnyugtató választ adni a felmerülő kérdésekre.

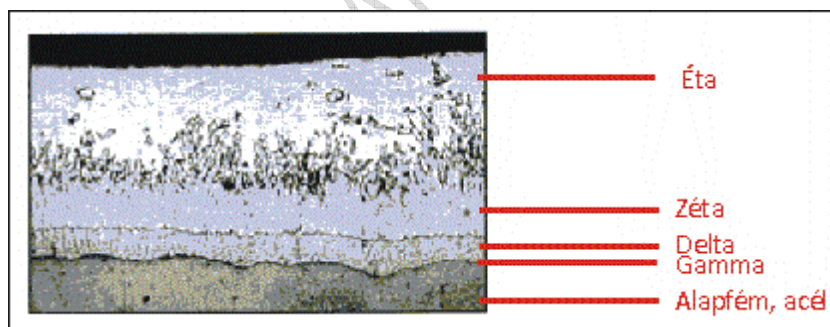
Ennek kapcsán fontos megjegyeznünk – és a szabvány is foglalkozik ezzel a problémával -, hogy az ún. sópermet-kamrás, de a gyorsított vizsgálati eljárás nem alkalmas a horganybevonat korrózióállóságának vizsgálatára, más bevonatokkal történő valódi korróziós összehasonlításra. Ez a módszer nélkülözi a nedves/száraz igénybevételi ciklusokat, így a horganybevonaton a korrózióvédelmet biztosító patina (védőoxid) réteg nem tud kialakulni. A fémes horgany gyors korróziója az ilyen vizsgálatok során pedig téves következtetések levonását eredményezi.

A termékek acélminőségének hatása a horganybevonat tulajdonságaira

Azok, akik munkájuk során kapcsolatba kerülnek tűzihorganyzott szerkezetekkel, tisztában vannak azzal, hogy megfelelő körülmények között a tűzihorgany bevonatoknak nemcsak korrózióállósága kitűnő, hanem kiváló mechanikai tulajdonságai, kopás, ütés-, és dörzsállósága többszörösen meghaladja a festékbevonatokét. Azonban az alapanyag kémiai összetételétől, a horganyzás körülményeitől és a technológiából adódóan a bevonatoknak nemcsak a külleme, hanem fizikai, mechanikai jellemzői is jelentősen eltérnek egymástól. Mivel a horganyzás termodiffúziós fémbevonás, így kohéziós kapcsolat alakul ki a bevonat és az alapfém között, de maga a bevonat szerkezete, összetétele változó, így a vizsgálathoz az összes körülményt számításba kell vennünk. Még mielőtt a kémiai összetevők és hozzájuk tartozó ötvözeti réteg tulajdonságait boncolgatnánk, ki kell hangsúlyoznunk, hogy a továbbiakban vázolt összefüggések elsősorban a száraztechnológiás darabáru horganyzásra érvényesek. Más technológiával kialakított horganybevonatok tulajdonságai lényegesen eltérhetnek.

Az acélszerkezet gyártásra használt alapanyagok a hegeszthetőség és megmunkálhatóság érdekében hasonló kémiai összetevőkkel készülnek. Egyes alkotók mennyisége a szilárdság érdekében eltérhet, de kismértékben van hatással a horganybevonatok szerkezetére. Azonban a szilícium és foszfor jelenléte az acélban, jelentősen megváltoztatja a horganybevonatok szerkezetét, ezért ezeknek az anyagoknak a mennyiségével jellemezhetjük a bevonatok tulajdonságait.

A szilícium-tartalom függvényében, a Sandelin diagram alapján négy részre oszthatjuk a kialakult bevonat szerkezetét és ezzel szorosan összefüggő jellemzőket. A 0,03% alatti Si tartalommal rendelkező acélnál kiváló minőségű, fényes küllemű bevonatot kapunk. A bevonat vastagsága az anyagvastagságtól függően legfeljebb 50-70 mikron. A bevonat csiszolatáról készített mikroszkópos felvételen jól láthatóak az egymástól határozottan elkülönülő gamma-delta-zéta-éta rétegek (10. ábra), a vas alaptól kiindulva folyamatosan csökkenő vastartalommal.

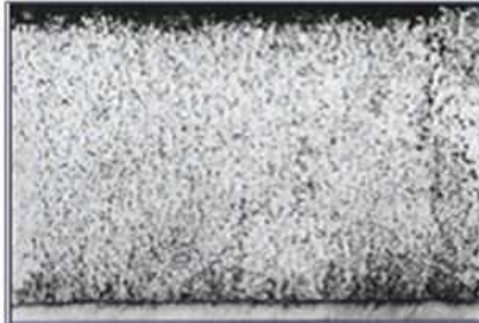


10. ábra: A bevonat metszete (mikroszkópos felvétel)

A bevonatot lezáró éta réteg a horganyolvadékkal azonos összetételű, csak nyomokban tartalmazhat vasat, a termék kiemelésekor alakul ki. A kiváló mechanikai tulajdonságai, (tapadás, rugalmasság) alkalmassá teszi a bevonatot a széleskörű felhasználásra. A késztermék rakodása, szállítása, szerelése közben fellépő külső hatásoknak így jól ellenáll. Az

acélszerkezet használatakor kialakuló dinamikus igénybevételekkel együtt járó rugalmas alakváltozásokat jól viseli. Mivel a horganyréteg keménységét a vastartalommal és a bevonatvastagsággal jellemezhetjük, így ez a fázis a legcsekélyebb keménységű bevonatrész. Emiatt kopásnak kitett szerkezetek, kalodák, konténerek, járófelületek, rakfelületek horganybevonatai az igénybevett területekről a korróziós élettartamtól rövidebb idő alatt lekophatnak. A 0,04-0,12% Si tartalommal rendelkező acélokat nem ajánlatos horganyozni, mert küllemük sok esetben az eladhatóság határa alatt marad és gazdaságtalanok. Az ilyen anyagokat reaktív acéloknak nevezzük, mert a termodiffúzió sebessége rendkívüli módon felgyorsul és rövid idő alatt nemkívánatos vastag

réteg alakul ki. Jellemző módon a horganyfürdőből történő kiemelés után a diffúzió kb. 200 °C-ig fennáll, és a kiemeléskor felvitt tiszta horgany is átötvöződik. A tiszta horganyfázis átalakul és a kristályszerkezetben is változás áll be. Gyakori az egyetlen ötvözeti réteg, ahol a csiszolat alapján a teljes keresztmetszetben homogén, vasban dús bevonatot láthatunk (11. ábra).



11. ábra: Vasban dús bevonat metszete

Az ilyen bevonat korróziós szempontból hosszú élettartamú, azonban rendkívül kemény és ezzel együtt rideg, ami a külső erőhatásra leválhat az alapfémről. Külső megjelenés szempontjából homogén matt szürke sok esetben sötét árnyalatokkal, érdes, gyakran narancshéjas felülettel, esetleg hálómintás rajzolattal. A legáltalánosabban használt és legsokoldalúbban horganyozható acél Si tartalma 0,14-0,25%. Az expozíciós idővel (horganyzási idővel) 50-250 µm között jól szabályozható a horganybevonat rétegvastagsága a korróziós terheléseknek megfelelően. Az anyagvastagságtól és az éppen adott Si tartalomtól függően, változatos a bevonat külleme és

szerkezete. Vékonyabb anyagok selymes fényűek, míg a vastagabbak a hosszabb hőntartás miatt matt színt vehetnek fel, a magasabb Si tartomány közelében enyhén hálómintás lesz. Egy csiszolt mintán, mikroszkópos felvételeken a rétegek egyértelműen felismerhetők, de jóval vastagabbak és vasban dúsabbak, mint a szilíciumban szegény anyagoknál. A keményebb, szívósabb réteg lehetővé teszi a kopásnak kitett elemeken a tűzihorganyzás alkalmazását. Elsősorban jármű-és gyalogos forgalom számára készített átjárók horganyozásánál előnyös, de a már említett konténerek, kalodák és rakfelületek bevonatozására is, ezt az Si - tartalmú acélt javasoljuk. A termék rakodásánál, szállításánál és szerelésénél nem árt körültekintően eljárni a fémréteg védelme érdekében.

A negyedik tartomány a 0,25% feletti Si tartalommal rendelkező alapanyag, amely horganyozhatóságát és a kialakult bevonat jellegét tekintve hasonló, egyes esetekben teljesen azonos a már említett reaktív acélokkal. A horganybevonatok itt is ridegek, kemények, körültekintően kell eljárni az alkalmazásuknál.

Meg kell említenünk, hogy különböző bevonat típusoknál jelentősége van az alapanyag felületi érdességének, ami megváltoztatja a tapadást, így azonos keménység mellett az érdesített felületű acélokban a bevonat nagyobb erőhatásra válik le. A horganyzás utáni üzemi körülmények és hőmérsékletek, a lassú, vagy gyors lehűlés szintén befolyásolják a végeredményt, ezért azonos vastagságú és minőségű acélokban eltérő tapadás és réteg felépítés lehetséges. Természetesen vannak a tapadás mérésére megfelelő vizsgálatok, rácsvágás, ejtőkalapácsos módszer, vagy próbadarab ragasztása a felületre, ahol a leszakításhoz szükséges erő és felület hányadosa határozza meg a tapadás mértékét. Az utóbbi vizsgálatnál azonban előfordulhat, hogy nem a bevonat válik le teljes keresztmetszetben az alapfémről, csupán a rétegek közötti szétválás lesz, ami elég sok érdekes kérdést is felvet. A fentiek mellett tudnunk kell, hogy a kiváló tapadás önmagában a bevonatból, a technológiából fakad, éppen ezért jelenleg nincs kötelező érvényű tapadás vizsgálat, mert nem lehetséges előre az átvételhez kötött, pontos határértékeket megállapítani.

A tűzihorganyzásnál bevonat kialakulásakor a folyékony és szilárd fém fázisok folyamatos kölcsönhatásban vannak, majd a termék a folyamat bejezése után a környezeti hőmérsékletre lehűl. A fémek fizikája és mechanikai tulajdonságai alapján a halmazállapot változás és lehűlés, belső feszültséget okoz az anyagban. A horganybevonatnak az acéltól eltérő hőtágulási együtthatója miatt, lehűléskor, tovább növekszik a belső feszültsége. A zsugorodási jellemzők ismeretében a feszültség mértéke függhet a térfogattól is, vagyis a bevonat vastagságától. A bevonat belső feszültsége, nyíró feszültséget és az ezzel együtt járó húzóerőt ébreszt a bevonatban, ami ellentétes irányú a tapadást biztosító erővel. A két erő között minél kisebb a különbség, annál sérülékenyebb a horganyréteg. Extrém esetekben, ha nagyon vastag az ötvözeti réteg, a belső feszültség olyan nagymértékben megnövekedhet, hogy lehűlés közben, önmagától leválik a bevonat. Az idő elteltével a

feszültségek csökkennek, illetve a felhasználás során a hőmérsékletváltozások is kisebb mértékben veszik igénybe a bevonatot. A fémekre szintén jellemző öregedési (*a precíziós célokra használt fémek pihentetése feszültségmentesítés céljából, hogy a nemkívánatos geometriai változások, ne a használat során következzenek be*) folyamatok vélhetően a horganybevonatokban is lejátszódnak, a későbbiekben lényegesen ellenállóbbá válnak a külső erőhatásoknak. Sajnos hazai, vagy nemzetközi irodalomban nem lelhető fel ilyen irányú vizsgálat és leírás a bevonatok jellemzőivel kapcsolatban, így ezeket az állításokat laboratóriumi vizsgálatok nem támasztják alá, kizárólag gyakorlati és szakmai megfigyeléseken alapul.



12. ábra: Horganyzott lemezből készített mélyhúzott sárvédő lemez

Az írásunk elején jeleztük, hogy a leírt bevonatjellemzők kizárólag száraztechnológiás tűzihorganyzásra vonatkoznak. A lemez és huzal horganyzása esetén a folyamatos és jól összehangolt technológia, az ellenőrzött alapanyag minőség, lényegesen kedvezőbb mechanikai tulajdonságú bevonatot eredményez. Például lemezek esetében a horganyzás utáni alakíthatóság alapkövetelmény. A kiváló minőségű és tapadású bevonattal rendelkező horganyzott lemezek hidegen élhajlíthatóak, alakíthatóak, sok esetben mélyhúzással munkálják ki belőlük a megfelelő alkatrészeket (12. ábra).

Hasonlóan a nedves technológiás darabáru horganyozásnál a rövid bemártási idő miatt, a lemezekon kiváló tulajdonságú bevonatokat kapunk, gyakran a reaktív acélokon is. Azonban, az alakíthatóság tekintetében, célszerű minden esetben egyeztetni a bevonatot végző gyártóüzemmel.

n-m

A horganybevonat élettartam-gazdaságosság tervezése

Egy acélszerkezet korrózió elleni védelmének tervezésénél a megfelelő védőbevonat kiválasztásához több szempontot kell figyelembe venni. Ezek közül elsőként említendő az acélszerkezetet a felhasználása során érő korróziós körülmények becslése. Ezek a viszonyok két tényezőből tevődnek össze, mint a makro-és mikroklíma hatásaiból. A makroklímára vonatkozóan könnyebb a tervező dolga, mert erre vonatkozóan viszonylag jó kiindulási adatok állhatnak rendelkezésre, sőt matematikai modellekkel is meg lehet határozni a várható korróziós besorolását az adott területnek. Lényegesnek minősíthető helyi hatások (mikroklíma) esetében korróziós szakember segítségével viszonylag könnyen meghatározhatók azok a lokálisan érvényesülő korróziós ágensek, melyek összegeződhetnek a makrokorróziós igénybevételekkel. Természetesen lehetnek olyan esetek, amikor a mikroklímatis viszonyok a meghatározóak és fordítva.

Várható korróziós igénybevételek becslése

Nemzetközi (ISO) és európai (EN) szabványok tartalmaznak olyan segédleteket, melyekben rögzítik az egyes korróziós osztályokat (lásd: 6. ábra). Az ISO 9223:2012 szabványban – néhány fontos ipari fémre - meg vannak határozva a kitéti vizsgálatok során mért korróziós veszteségek (13. ábra).

Korróziós kategóriák	Fémek korróziós rátái - r_{corr} ($\mu\text{m}/\text{év}$)		
	Szénacél	Horgany	Réz
C1	$r_{\text{corr}} \leq 1,3$	$r_{\text{corr}} \leq 0,1$	$r_{\text{corr}} \leq 0,1$
C2	$1,3 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,7$	$0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,6$
C3	$25 < r_{\text{corr}} \leq 50$	$0,7 < r_{\text{corr}} \leq 2,1$	$0,6 < r_{\text{corr}} \leq 1,3$
C4	$50 < r_{\text{corr}} \leq 80$	$2,1 < r_{\text{corr}} \leq 4,2$	$1,3 < r_{\text{corr}} \leq 2,8$
C5	$80 < r_{\text{corr}} \leq 200$	$4,2 < r_{\text{corr}} \leq 8,4$	$2,8 < r_{\text{corr}} \leq 5,6$
CX	$200 < r_{\text{corr}} \leq 700$	$8,4 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$5,6 < r_{\text{corr}} \leq 10$

13. ábra: Különböző fémek első éves korróziós vesztesége (kivonat az ISO 9223:2012 szabványból)

Az egyes korróziós kategóriák tartalmát (fogalmát) a direktíva tisztázza, melyet a horganybevonatokkal foglalkozó EN ISO 14713-1:2009 szabvány is tárgyal. Ez utóbbi előírás „beltéri” és „kültéri” igénybevételek esetére mutatja be a kategóriákat és példákkal is szolgál a lehetséges alkalmazásokra (lásd: lapunk 8. ábráját). A benne megadott értékek kis eltéréssel, de megegyeznek az előbbi szabvány korrózióra vonatkozó értékeivel. A már említett 8. ábrában foglalt példák segítségével lehetőség nyílik az egyes alkalmazási körülmények becslésére. Bizonytalanság esetén korróziós szakember tanácsát érdemes kérni. Megjegyezzük, hogy Európában folyamatosan mérik a horganybevonatok éves korrodálódását, mely mérések alapján európai átlagban 0,8 – 1,0 $\mu\text{m}/\text{év}$ korróziós rátával lehet számolni.

A szükséges bevonatvastagság számítása

A várható korróziós igénybevétel (horgany veszteség) becslése után az adott acélszerkezet tervezett élettartamának ismeretében meghatározható a minimálisan szükséges bevonatvastagság. Egy szakaszos tűzihorganyzó eljárással kialakított horganybevonatot akkor szükséges felújítani, ha vastagsága 25-30 μm -re csökkent. Ezt a tényezőt is célszerű figyelembe venni az elvárt minimális rétegvastagság meghatározásánál. Mint lapunk előző cikkében olvasható, az acél alapanyag minőségének döntő hatása van a horganybevonat jellemzőire (vastagság, szerkezet). Az esetek döntő többségében egy optimálisan megválasztott acélminőségnél (Si és P tartalomnál) kialakuló védőréteg teljességgel meg fog felelni a várható korróziós igénybevételeknek. A fentieknek megfelelően a számítás menete az alábbiak szerint foglalható össze:

1. Várható korróziós igénybevétel meghatározása (C1...CX)
2. Várható horganyréteg fogyás (korrózió) megállapítása.
3. Az acélszerkezet szükséges „védelmi időtartamának” meghatározása.
4. A minimálisan szükséges horganyréteg vastagság megállapítása.
5. Az ehhez megfelelő acélminőség kiválasztása (Si és P tartalom figyelembe vételével)

Példaszámítás:

Alapadatok:

- Várható korróziós körülmények: C3 (közepes), kültéri igénybevétel
- Az acélszerkezet tervezett működési (védelmi) időtartama: 25 év

C3 kategória: **várható bevonat fogyás** $\rightarrow 0,7...2 \mu\text{m}/\text{év}$. Választva a matematikai középértéket: $1,35 \mu\text{m}/\text{év}$

Minimálisan szükséges bevonatvastagság: $30 \mu\text{m} + 25 \text{ év} \times 1,35 \mu\text{m}/\text{év} = 64 \mu\text{m}/\text{év}$

A tűzihorganyzásra vonatkozó MSZ EN ISO 1461:2009 szabványban meghatározott minimális értékeket a gyakorlatban mért rétegvastagságok általában jelentősen meghaladják (14. ábra).

Acélszerkezet anyagának vastagsága (mm)	Követelmény (MSZ EN ISO 1461:2009) a legkisebb, átlagos rétegvastagság (μm)	Gyakorlatban szokásos érték (μm)*
1	45	60 - 120
2	55	70 - 140
4	70	80 - 160
7	85	100 - 180
10	85	120 - 200
15	85	150 - 250
25	85	190 - 300
35	85	230 - 350

*A képződő horganyréteg vastagsága függ az acél szilícium (Si) és foszfor (P) tartalmától.

14. ábra: Horganyréteg vastagságok a gyakorlatban (nem centrifugált terméken)



A fentiek alapján előrelátó tervezéssel megállapítható az adott acélszerkezethez szükséges horganybevonat legkisebb vastagsága, melyet általában az érintett szabványra (MSZ EN ISO 1461:2009) történő hivatkozással elő lehet írni.

15. ábra: Fényes, gazdaságos bevonat optimális acélminőségéből

Amennyiben tűzhorganyzáshoz ajánlott acélminőségekből gyártják le az acélszerkezetet, a lehető leggazdaságosabb, tetszetős és piacképes bevonatokat nyernek (15. ábra).

a-á

Tervezési hibák: a nem megfelelő szerkezeti konstrukció alkalmazásának káros következményei

Az acélszerkezetek helyes konstrukciója alapvető feltétele a minőségileg kifogástalanul tűzihorganyozható acéltermékeknek. A technológiai nyílások mérete, elhelyezkedésük, az összehegesztendő lemezek vastagságának helyes arányai, lemezfelületek merevítése, az ajánlott megoldások kiválasztása tervezői feladat.



Túl nagy vastagságkülönségű acéllemezek összehegesztése utáni deformáció



Az átlapolt felületek salakfeltapadáshoz, korróziós góckhoz vezetnek



Merevítés nélküli lemezfelületek keretbe hegesztése okozta hullámosodás



Hiányzó technológiai nyílások miatt horgany maradt a szerkezet sarkaiban

A tőzsdei horganyár alakulása 2013.04-09. hónapban

A megadott árak a londoni fémtőzsde (LME: London Metal Exchange) nagy tisztaságú (SHG Zinc) havi, átlagos eladási árait mutatják.

