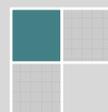


2024.

# TŰZIHORGANYZOTT ACÉLSZERKEZETEK

Online szakfolyóirat

Tervezőknek, gyártóknak és felhasználóknak – XII. évfolyam, 3. szám



## *Tisztelt Olvasóink!*

*Időnként megjelenik a gyakorlatban az a tűzihorganyzott acélszerkezetekkel szembeni igény, hogy a több részegységből álló acélszerkezet teljes bevonata egységes színezetű, sőt, hogy egyes termékek horganyvirágosak legyenek. De jelent-e valamilyen előnyt a „virágos” felületek megjelenése?*

*A tűzihorganyzást követő azonnali lehűtés többféle módon történhet. A szabad levegőn történő lehűtéstől kezdve a vizes, vagy passzíváló közegben való lehűtésig többféle módszer van. A legtöbb tűzihorganyzó léghűtést alkalmaz. A folyadékban történő lehűtésnek számos előnye van, de mindig értékelni kell az adott acélszerkezet acélminőségét és konstrukcióját. A hűtéssel bizonyos mértékig befolyásolni lehet a horganyzott acélszerkezet megjelenését, sőt alakját is.*

*Az elmúlt 10-15 évben épült tűzihorganyzó üzemek a legszigorúbb környezetvédelmi előírásoknak is megfelelnek. A IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) előírásainak megfelelő elérhető legjobb technikák (BAT: Best Available Techniques) alkalmazása ma már alapkövetelmény a most épülő üzemek esetében.*

*Jelen lapszámunkban nemcsak a technológia sajátosságaival, hanem a környezetvédelmi szabályozás kérdéseivel is foglalkozunk, melyet külön ajánljuk Olvasóink figyelmébe.*

2024. szeptember 30.

*Magyar Tűzihorganyzók Szövetsége*

*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 semmilyen 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 Szövetsége írásos engedélyével történhet.

A szerkesztőség tagjai: Nagy Miklós, Imre Miklós, Antal Árpád, Kopasz László, Paulik Antal

**Címlapfotó:** Hűtés művelete

## Tűzhorganyzás utáni közvetlen vizes hűtés feltételei, hatásai

A tűzhorganyzási folyamat elkészülte után a termék környezeti hőmérsékletre történő lehűlése több módon mehet végbe. Egyik módja, hogy hűtőbakra kerül a szállítógerenda és a horganyozócsarnok hőmérsékletén hűl le a felfüggesztett, és már tűzhorganyzott acélszerkezet. A horganyzómű technológiai sorának kialakításától függően lehetséges még levegő áramoltatásával (kamrában vagy aknában), vagy folyadékba merítve lehűteni a szerkezeteket, ami lehet tiszta víz, vagy vízben oldott passzíválószer. Jelen cikkünkben a normál, tiszta vizes hűtéssel kapcsolatos, néhány fontos információt osztunk meg.

### Feltételek

A horganyzókádból kiemelt munkadarabok vízbe történő bemártása, lehűtése is egy technológiai lépés, így ez a folyamat is ugyanolyan körültekintést igényel. A vizes hűtés megkezdésekor a termékek hőmérsékletének olyanak kell lenni, hogy a konstrukció károsodás nélkül elviselje az intenzív lehűtési folyamatot. Sem a horganybevonatban\* (repedés, leválás: 1. kép), sem pedig magában az acélszerkezetben nem keletkezhet sérülés, minőségromlás.



1. kép: Hosszú repedés a horganyrétegben



2. kép: Deformálódott keretszerkezet

#### \*Megjegyzés:

Vannak olyan acélminőségek, melyek felületén képződő horganyrétegek az átlagosnál sokkal érzékenyebbek a bevonatrepedések, vagy szétválások kialakulására (Sebisty-acélok). Ilyenkor a darabok lehűtésekor a horganyzónak fokozott óvatossággal kell eljárni, vagy annak végrehajtását mérlegelni kell.

Amely szerkezet már a horganyzási folyamat során is deformációt szenvedett, azon termékek vízben hűtése egyáltalán nem javasolt (2. kép).

Vizes hűtés előtt ellenőrizni kell a horganyzástechnológiai nyílások meglétét (megmaradását). Amennyiben a kifolyó nyílások horganyozási művelet alatt eltömődtek, pl. horgannyal „beforrtak”, akkor sem javasolt a vizes hűtés. Ugyancsak nem javasolt a rálapolásokat, vagy szakaszos, lezáratlan hegesztési varratokat tartalmazó szerkezeteknél (3. kép). Ennek oka, hogy a hűtés során a felületek közé kerülő hűtővíz korróziós jelenségek kiinduló oka lehet.



3. kép: Átlapolt felületek közül kifolyó víz elszínezte a horganybevonatot

### Pozitív hatások

Amennyiben a termékek a horganyzást követően alkalmasak a vízben történő hűtési műveletre, akkor annak több pozitív hatása lehet.

A vízben történő visszahűtés lerövidíti a termodiffúzió idejét (bevonátalakulás időtartamát). Ha a 450 °C-os horganyfürdőből kiemelt anyagok hőmérséklete lecsökken 200 °C alá, akkor lényegében leáll a vas atomok felületirányú diffúziója (utánötvöződés), azaz a bevonat szerkezete stabilizálódik. E folyamat egyik előnye, hogy a ridegebb, keményebb ötvözetű fázisok vékonyabbak lesznek, melynek eredménye a horganybevonat jobb tapadása. Másik előnye a horganybevonat utólagos, „utánötvöződési” idő csökkenésének, hogy jellemzően marad a bevonat felszínén egy vékony, tiszta horganyréteg. Ez a felszíni cinkréteg egységesebb, tetszetősebb küllemet kölcsönöz a terméknek. Homogénebb lesz a bevonat megjelenése az eltérő alapanyagvastagságú szerkezetek esetében is. A levegőn történő lassú lehűlés után előfordulhat a „hőfoltosság”, melyet így el lehet kerülni. Ez a jelenség okozza az anyagok széle és belső részei közötti eltérő lehűlési időből adódó színeltéréseket (4. kép).

További előny, hogy a vízben történő hűtés esetén a felületekre feltapadt horganyhamu maradványokat a hirtelen vízgőzképződés szinte maradéktalanul eltávolítja. Így elkerülhető, hogy a termék bármely felületén ottmaradó savas kémhatású technológiai salak a nedvesség hatására elszínezze, vagy megmarja a bevonatot (5. kép).



4. kép: Hőfoltosság kialakulása a horganybevonat részbeni „átötvöződése” következtében

A hűtőkád előnye még a nyári hónapokban, hogy a szabadlevegős hűtéshez képest hamarabb munkába vehetők a gyorsan lehűtött termékek. Várakozás, időkiesés nélkül megkezdhető a tisztítási, csomagolási munka, így rövidülnek az átfutási idők.



5. kép: Szép tiszta horganybevonat a vizes hűtést követően

Mind a gyártó, mind a megrendelő részére gazdasági előnyt jelenthet, ha a hűtőkádba hőcserélő kerül beépítésre. A gyártó a felhasznált hővel csökkentheti a fűtési költségeit, mely kedvezőbb vállalási költséget eredményezhet a megrendelő irányába.

### Negatív hatások

A vizes hűtés feltételei és hátrányai között szoros összefüggés van.

A hűtősebesség nem megfelelő megválasztásakor káros feszültségek alakulhatnak ki az acélszerkezetben, de a horganybevonatban is. A robusztus, vastag alapanyagból készült terméknel körültekintőnek kell lenni a bemelegítés sebességével. Általában a horganyzást követő 20-40 perces szabadlevegős hűtés után lesz csak alkalmas az acélszerkezet a vízben történő tovább hűtésre. Így elkerülhetők a nem kívánatos bevonat repedések, leválások (6. kép).



6. kép: Hűtés után szétvált bevonat



7. kép: Hibás hegesztés következménye

A horganyzási folyamat során esetleg deformációt szenvedett acélszerkezetbe a gyors hűtés során „belefagy” az akkor éppen jellemző alakállapot (pl. kardosság), ami szabadlevegőn történő, lassú hűtésnél megszűnne. Ugyanis a horganyzás magas hőfoka miatt deformálódott acélszerkezetnek már nem lesz ideje visszanyerni eredeti állapotát, így maradandó alakváltozást szenvedhet. A szerkezetek káros deformációja a szabad levegős hűtés során azonban valamelyest csökkenhet. Ez a csökkenés elősegíthető, ha például a leszedést követően a terméket olyan pozícióban hűtjük, hogy a termék saját tömege a deformáció iránya ellen hasson.

A vizes hűtés előhozhat gyártási hibákat. Ez a helyzet áll fenn a rálapolt (akár szakaszos varrattal, akár körbehegesztett, furattal ellátott) felületeknél is a hűtés során. A kapillaris elv miatt a vegyi előkezelő soron a kezelőszer befolyik a lapolt felületek közé, de a szárítás során már nem tud maradéktalanul kiszáradni és eltávozni a felületek közül. Horganyfürdőbe merítéskor a résekből kiáramló vízgőz a lapolások szélén a sófilm (flux) réteg károsításával horganyhiányos felületeket okoz. A vizes hűtést követően a barna-fekete színű, savas

kémhatású folyadék (hűtővíz maradvány) a lapolás közül a horganybevonatra kifolyva azt megmarja. Ez a későbbiekben is folyamatos, visszatérő problémát fog jelenteni (7. kép). Hasonló problémát fog okozni, ha üreges termékeknél eltömődik, bedermed a nem kellően nagy horganykifolyó furat és hűtővíz marad az üregekben.



**8. kép:** Vizes hűtés után „bemattult” felületek

így matt lesz, megsűrűkül. Hosszabb távon a felületen (felületek között) maradó nedvesség károsíthatja a bevonatot (8. kép).

Gyakori kérés a megrendelők részéről, hogy a horganyzási fázis után a termékeket semmilyen vizes mártási műveletnek (vízben hűtés, passzíválás) ne vessék alá. Ez jellemzően a duplex bevonatra szánt termékekre jellemző. Ebben az esetben a problémát a festés során, vagy a későbbi időkből a lapolt felületek közül kiszivárgó savas kémhatású hűtőfolyadék jelenti.

### Összegzés

Mint látható, a horganyzást követő vizes hűtésnek sok előnye és hátránya is van. Természetesen ez a technológiai lépés is csak egy jól megtervezett, precízen legyártott acélszerkezeti konstrukciónál hajtható végre. A negatív hatások jó része azonban egy átgondolt, megfelelően kivitelezett tervezéssel elkerülhető.

Ezt követően már az előnyök és hátrányok mérlegelése után több érv szól a vizes hűtés alkalmazása mellett. Ezért javasolt minden gyártó, megrendelő részére, hogy lehetőségeik szerint a szerkezet tervezésénél, kialakításánál vegyék figyelembe azokat a kritériumokat, melyek lehetővé teszik majd a horganyzás utáni vizes hűtés alkalmazását.

i-m

## Tűzhorganyzó üzemek korszerű környezetvédelmi megoldásai

Az IPPC egy hosszú angol kifejezés kezdőbetűiből álló mozaikszó (Integrated Pollution Prevention and Control), amely valójában az érintett ipari tevékenységet folytató üzemek környezetvédelmi szabályozásának új útját jelenti.

A valóságban egy európai uniós irányelv, viszonylag rövid jogi szabályozás, amely évekkel ezelőtt egy új típusú engedélyezést vezet be az általa érintett gyárak, üzemek számára. Az IPPC a szennyező anyagok kibocsájtási határértke mellett a gyártási folyamatokra is nagy hangsúlyt helyez. A szabályozás legnagyobb erőssége, hogy a környezet védelmét integrált szemlélettel igyekszik biztosítani, ami a tűzhorganyzó üzemek esetében a munkavállalók egészségvédelmét, a munkahelyi környezet minőségét is nagymértékben javítja.

Mit jelent az IPPC rendszer alkalmazása a gyakorlatban? A múlt században, zömében „lineáris” kialakítású tűzhorganyzó üzemeket létesítettek. Akkoriban az egész technológiai sor egy üzemcsarnokban, az egymást követő munkafolyamatok azonos légtérben kerültek telepítésre. A légszennyező technológiák, a vegyi előkezelés és tűzhorganyzás a többi technikai fázissal azonos légtérben zajlott. A keletkező gázok, gőzök, füstök elszívására légszennyező berendezéseken peremelszívókat helyeztek el. A módszer hátránya a műszaki megoldásból adódó alacsony hatékonyság, mert a keletkező gőzök töredékét szívja csak el, a többi a munkatérben marad. Az így elszívott vegyianyagok gőzei ma már korszerűtlen berendezéseken, kéményeken, részben szűretlenül juthattak a szabadba.



9. kép: Zárt vegyi előkezelő

Az IPPC rendszer ezeknek a szennyezőanyagoknak a munkatérbe és a környezeti légtérbe (szabadba) jutását szabályozza, amihez előírja az elérhető legjobb technikák (BAT: Best Available Techniques) alkalmazását. Az ehhez szükséges korszerű eszközöket és gépeket a háttérpar már képes előállítani. Az előírások teljesítéséhez szükséges technológiai berendezések, anyagok kiválasztása, az egész rendszer tervezése a szakemberek feladata.

A technológiai sor kialakítása változatos, nem szükségszerűen lineáris, az anyagáramlást a műveletek között daruk, korszerű átemelő rendszerek, láncos továbbítók végzik el. Egyes üzemekben az anyagmozgatás PLC vezérlésű automata rendszerek biztosítják. A vegyi előkészítő sor az épületen belül kialakított zárt térben („dobozban”) történik (9. kép).



10. kép: Korszerű léghmosó torony

nyitásokor a nyomásérzékelő jele alapján a rendszer kiegyenlíti, mert a frekvenciaváltón keresztül azonnal módosítja az elszívó motor fordulatszámát. A zárt térből a vákuum miatt, savgőzök nem kerülnek a munkatérbe, az elszívott gázok, gőzök léghmosó tornyon keresztül, tökéletesen megtisztítva jutnak a szabadba (10. kép). A kimosott vegyi anyagokat pedig újra felhasználják. A rendszer másodlagos környezetvédelmi eredménye a villamosenergia takarékoság, mert a zárt térből kedvezőbb feltételekkel lehet elszívni a gázokat, illetve a kialakult normál depresszió mellett az alacsonyabb fordulatszámon üzemelő elszívó motor optimális teljesítményen, jelentősen csökkenti az áram felhasználást.

A már fentebb említett tűzihorganyzás munkafolyamata alatt keletkező gázok és porok elszívására is korszerű műszaki megoldások állnak rendelkezésünkre. A horganyzókád fölé legtöbbször acélból készített kámzsát (harangot) helyeznek (11. kép), amelyből szintén megfelelő teljesítményű ventilátorral szívják ki a keletkező káros anyagokat. Az elszívott gázok, egy nagy szűrőfelülettel rendelkező porzsákos szűrő egységen keresztül jutnak a szabadba (12. kép). A koncentrált elszívás a zárt térből, megszünteti a munkatér terhelését a

A traverzekre (technológiai gerendákra) felrakott, tűzihorganyzásra előkészített termékek bejutása az előkezelőbe, ajtókon vagy átemelő aknákon keresztül történik. A zárt tér negatív tényomással, 10-20 Pa vákuummal rendelkezik, amit egy frekvenciaváltóval ellátott, szabályozott fordulatszámú elszívó ventilátor állít elő. A depresszió (vákuum) mértékét, nyomásérzékelő műszer figyeli, amely jeleket továbbít a PLC számára. A számítógépes rendszer ad utasítást a ventilátor megfelelő fordulatszámának eléréséhez a szükséges tényomás érték elérése érdekében. A jelentkező nyomásváltozásokat az ajtók

technológiai folyamat alatt keletkező poroktól, meggátolja a káros anyagok kijutását a szabadba. A berendezés által összegyűjtött porok, megfelelően kezelve, újra hasznosíthatók.



**11. kép:** Horganyzó kámzsa



**12. kép:** Porzsákos légszűrő (filter)

Egyes üzemek a vegyi anyagok kezeléséhez, korszerű regeneráló berendezéseket használnak, amellyel kiszűrhetők olyan vegyületek, melyek csökkentik a keletkező hulladékok mennyiségét, elősegítik ismételt hasznosításukat, és egyúttal a technológiai előírásoknak megfelelő kémiai összetételt is biztosítani tudják. Ilyen berendezés lehet például a folyósítószer (flux) folyamatos karbantartására alkalmas regeneráló rendszer, amelyet több üzem is alkalmaz.

A folyékony vegyi anyagok cseréje környezetvédelmi szempontból akkor biztonságos, ha zárt térben, megfelelő térfogatú kármentő rendszerek mellett történik. Ezt a feltételt a tartály és szivattyú parkok képesek biztosítani, minden igényt kielégítenek. A vegyi anyagokat beépített szivattyúk, zárt csőrendszeren keresztül mozgatják az előkészítő kádak és a tároló tartályok között. A vegyszerek fogadása és a hulladékok kiadása az épületen belül tartálykocsikkal tökéletesen és biztonságosan megoldható. A kezelő személyzet, gyakorlatilag nem érintkezik sem a folyadékkal, sem azok gőzeivel.

A tűzihorganyzási technológia háttérpára folyamatosan fejleszt és új rendszerek kidolgozásával törekszik a legjobb környezetvédelmi megoldásokra, amit az ipar folyamatosan alkalmazhat.

n-m

## A „horganyvirágos” bevonat nem minőségi kategória

A napi gyakorlatban időről-időre felmerülő igény a tűzhorganyzott acélszerkezetek minél jobb esztétikai tulajdonságai. Ezek az igények reálisak is lehetnek, amennyiben a horganyzott felületek hibamentességére vonatkoznak (MSZ EN ISO 1461). Ha azonban a horganybevonatok egységes színezetére, megjelenésére vonatkozóan merülnek fel szigorú megrendelői igények, a válasz már lényegesen árnyaltabb\*.

*\*Megjegyzés: A festéssel ellentétben a tűzhorganyzás olyan korrózióvédelmi technológia, melynél az acélszerkezet alapanyaga aktívan „részét vesz” a horganybevonat kialakításában. Sőt abban döntő szerepe van. Így az acél kémiai összetételének és a szerkezet konstrukciójának hatásától nem lehet eltekinteni egy horganybevonat értékelésekor.*

A megrendelők részéről felvetődő kérdések az alábbi témák köré csoportosíthatók:

- horganyvirágos bevonatok
- fényes és/vagy szürke bevonatok
- foltos horganyrétegek
- érdes és sima felületű bevonatok

A következőkben a „horganyvirágos” és az egyszínű horganybevonatok témáját igyekszünk körül járni.

### A horganybevonat színezete, dendrites szerkezete

Akár hazánkban, akár Európában az esetek legnagyobb részében olyan frissen tűzhorganyzott acélszerkezetekkel találkozunk, melyek bevonata fényes, esetleg szürke és nem láthatók rajta markáns horganyvirágok. A „horganyvirág” szó egy szakmai technicus terminus, amely a fémréteg (horganyréteg) felületén megjelenő fémkrisztallitok láthatóságát jelenti. Ezek tiszta cinknél friss (korróziótól még mentes) állapotban alig vagy mérsékelten láthatók (13. kép), ám más esetekben már jobban láthatóvá válik (14. kép).



13. kép: Vastag horganyréteg dendrites felülete



14. kép: Frissen horganyzott felület horganyvirágokkal

A baloldali fotón bemutatott megjelenés sima felületű terméken, vastag bevonatnál fordul elő, míg a jobboldali felület csak ott látható, ahol még tiszta cink (horgany) alkotja a felületi réteget\*\*.

**\*\*Megjegyzés:**

Korábbi cikkeinkben már foglalkoztunk azzal, hogy egy tűzihorganyzással előállított fémbevonat több, egymástól kémiaiilag elkülöníthető fémfázisból áll. A teljes réteget tekintve alul a Zn-Fe ötvözetek találhatóak, ezeket legtöbb esetben felül egy tiszta horganyfázis takarja. Ez utóbbinál a friss bevonatok mindig fényesek-ezüstösek.

A két felvételen ugyanaz a jelenség látható. A dendrit az ún. fenyőágas növekedésű fémkristályok megjelenési képe utal, mely a fémcink megszilárdulásakor keletkezik. A 2. képen látható mintázat szintén a cink kristallitok dermedési képét mutatja. Ahol gyorsabban hűl le a felület ott sűrűbb és apróbb, ahol lassabban dermed meg, ott a fémréteg nagyobb méretű kristallitokból áll.

A technológia gyakorlatában vannak olyan fémötvözők, melyek segítségével már frissen horganyzott állapotban is markáns horganyvirágokat lehet előállítani (15. kép). Más esetben – ötvöző hatására – csak fénytörésben látható, sokkal halványabb rajzolattal jelennek meg (16. kép).



15. kép: Markáns horganyvirágok



16. kép: Kevésbé erős horganyvirágok

A horganyvirágok megjelenése szubjektív megítélés alá esik és kevesen igénylik. A korrózió következtében - a tiszta horganyval borított acélfelületeken - idővel minden esetben megjelennek a horganyvirágok. Sima felületeken feltűnőbb, érdes részeken halványabb módon. Tisztán horgany-vas ötvözetből álló bevonaton nem látható ilyen jelenség.

### ***A horganyvirágoknak csak díszítő szerepe lehet***

Nem minden tűzihorganyzó rendelkezik olyan technológiával, melynél már a frissen tűzihorganyzott áruk felületén is erős rajzolatok vannak. Mivel ez a jelenség nem utal a horganybevonat minőségére, ezért általánosságban nem technológiai szempont. Néhány bevonó múnél díszítő szempontok miatt használhatnak olyan speciális ötvözeteket, melyek markáns horganyvirágokat idéznek elő.

### *A horganyvirágos és a homogén színezetű réteg között nincs élettartam különbség*

Az alkalmazási klímától függően a horganyvirágok több hónap, vagy csak több év után jelenhetnek meg és teljeseznek ki (17-18. kép). Nedvesebb környezetben előbb, száraz levegőn később tűnnek elő a mintázatok. Ameddig tiszta horgany van a felületen ez a megjelenés állandóan megmarad.



17-18. képek: Horganyvirágos bevonatok több év eltelte után

Mivel a tiszta horgany és a bevonatban található horgany-vas ötvözetek korrózióállósági képessége között nincs a gyakorlatban is érzékelhető különbség, ezért az erősen horganyvirágos bevonatok csak más esztétikai megjelenést mutatnak, mint az egyszínű vagy matt fémrétegek.

A tűzhorganyzó vállalatok egyes megrendelők kívánságára nem vállalják a horganyolvadék átmeneti ötvözését, ezért csak ritkán fordul elő, hogy a frissen tűzhorganyzott termékek markáns horganyvirágos kinézete.

a-á

ACÉLSZERKEZETEK TÚZIHORGANYZÁSA  
MSZ EN ISO 1461

MAGYAR TÚZIHORGANYZÓK  
SZÖVETSÉGE

2400 Dunaújváros, Gőzmalom utca 6.  
mtsz.info@gmail.com  
www.hhga.hu

## A horganyrétegek küllemét az acélminőséggel és a hűtési technológiával is lehet befolyásolni

A tűzhorganyzással ellátott acélszerkezetek megjelenése egyre fontosabb szemponttá válik. A bevonat külleme a hibamentesség mellett a bevonat egységes színezetét is jelenti. Mivel a tűzhorganyzás során az alapfém (acél) döntően részt vesz a bevonatképződésben, azért az acélminőség kiválasztása itt is nagy jelentőségű.



*Hűtés és passzíválás egyetlen műveletben bemártással*



*Tükkörfényes horganybevonatokon nem láthatók horganyvirágok*



*Tűzhorganyzott acélszerkezet a horganyzó kámzsa alatt*



*Vastagfalú acélszerkezeteken nem, vagy csak nagyon ritkán láthatók horganyvirágos felületek*

## A horganyár alakulása 2024.03. - 2024.08. hónapokban

A megadott árak a nagy tisztaságú (SHG Zinc; 99,995%) havi átlagos, leszállított eladási árait mutatják (Forrás: [www.feuerzinken.com](http://www.feuerzinken.com)).

