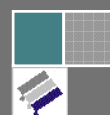


2014.

# TŰZIHORGANYZOTT ACÉLSZERKEZETEK

Online szakfolyóirat

Tervezőknek, gyártóknak és felhasználóknak – II. évfolyam, 1. szám



## ***Tisztelt Olvasóink!***

*A tűzihorganyzással foglalkozó vállalatok és szervezetek, így a Magyar Tűzihorganyzók Szervezetének is egyik legfontosabb feladata a horganyoztató partnerek folyamatos és hiteles tájékoztatása. Ez azt a célt szolgálja, hogy amikor a bevonattal ellátott termékeket elszállítják a tűzihorganyzó üzemből, akkor minden érintett fél számára meglelégedéssel záruljon az együttműködés.*

*Ebbe a tájékoztatási körbe tartoznak az acélszerkezetek ajánlott konstrukcióiról szóló ismeretek, melyekre – tapasztalataink szerint – mindig szüksége van az acélszerkezetek tervezőinek, gyártóinak és felhasználóinak. Mondjuk ezt annak ellenére is, hogy egyre több kiadványunk jelenik meg a magyar ipar számára és viszonylag nagy mennyiségben érhetőek el információk az interneten is. Sok horganyzott acélszerkezettel foglalkozó vállalkozás – tisztelet a kivételnek – mégsem szakít elegendő időt a helyes konstrukciós megoldások tanulmányozására, így még most is több esetben konfliktusok adódnak a felek között. Ez a jelenség természetesen nemcsak hazánkra jellemző, hanem tőlünk nyugatabbra is a nemzeti szövetségek elsődleges feladatának számít a megfelelő információk folyamatos átadása.*

*Online folyóiratunk számaiban – jelentőségének megfelelően – szinte folyamatosan foglalkozni kívánunk a helyes konstrukciós megoldásokkal, így a mostani lapban is bőven találunk ismereteket az érdeklődők. A tűzihorganyzó iparág másik fontos célja, hogy a társadalom számára átláthatóan kíván működni, ezzel megteremtve a bizalmat a technológia iránt. Az üzemeiket folyamatosan fejlesztik, egyre javul a környezetvédelmi berendezések színvonala. A bevonó üzemekben keletkező hulladékok ma már újrahasznosítható „melléktermékek”, melyeket másik iparágban lehet újrahasznosítani, ezzel sem terhelve környezetünket. A legértékesebb üzemi melléktermékek a nagy horganytartalmú salakok, melyek feldolgozására egész iparágak épültek. A világ horganyfelhasználásának mintegy 35-40%-a ma már újrahasznosított anyagból származik.*

*A fent felsoroltakkal kapcsolatos információk tanulmányozásához kellemes időtöltést kívánunk.*

2014. február 28.

*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.

## Tűzihorganyzó üzemek hulladékai

A hulladékok káros környezeti hatásai elleni védelem az egész világon egyre fontosabb gazdasági és környezetvédelmi tényezővé vált. A fejlett országokban a keletkező hulladékmennyiség lehető legalacsonyabb szintre szorítását tűzték ki célul.

Alapvetően megváltozott a hulladékkal kapcsolatos nézet: a hulladék már nem az elkerülhetetlen rossz, amely az ember mindennapi életének, munkájának, gazdasági tevékenységének velejárója, amelynek káros hatásait legfeljebb csak mérsékelhetjük, hanem egyre inkább megszabja – a károk elkerülhetőségének felismerése miatt – a termelés, a szolgáltatás és fogyasztás fejlesztési irányait.

A termelés környezetterhelésének felismerésével megváltozott a termékek korszerűségének ismérve. A termelékeny és hatékony gyárthatóság, ill. a tartósság, az alkalmazhatóság és az ergonómia követelményei mellett ma már az is nagyon fontos, hogy a termék sem gyártása, sem pedig hulladékká válása után ne terhelje károsan a környezetet. Ugyanakkor az előállításához felhasználható természeti erőforrásokat se apassza feleslegesen, anyagtakarékos termeléssel a másodlagos vagy újratermelhető nyersanyagokra alapuló anyagfelhasználással tehermentesítse azokat.

A tűzihorganyzási technológia alkalmazásakor az üzemekben a késztermékek mellett olyan anyagok is keletkeznek, amelyek a gyártási folyamatba már nem vezethetők vissza. Az anyag vagy termék, illetve melléktermék a gyártásfelhasználás ciklusból történő kilépéskor „hulladékká” válik.

### A tűzihorganyzási technológia hulladékai

A technológia műveletei	Keletkező hulladékok	Hulladékok jellemzése
<i>Alap és segédanyagok felhasználása</i>	Papírdobozok, műanyag kannák, ballonok, műanyag és papírszakok, egyszer használatos fa raklapok, műanyag és fém pántszalagok.	A vegyi anyagok csomagolása a benne lévő anyaggal szennyezett. A külső rögzítő és csomagoló anyagok általában nem szennyezettek.
<i>Termékek készülékre történő felrakása, átrakása, leszedése</i>	Szennyezett védőruházat.	A termékek felületén lévő kenőanyagokkal szennyezett védőruházat.
<i>Zsírtalanítás</i>	A zsírtalanító kádak aljára kiülepedett iszap, illetve a tovább már nem használható zsírtalanító oldat.	A manapság alkalmazott, savas zsírtalanító oldatok alján piszkosfehér színű iszapréteg keletkezik. Az iszap, illetve az elhasználódott oldat egyaránt maró hatású, ökotoxikus. Szennyezőanyag összetétele a leoldott anyagok összetételének függvényében változik.
<i>Pácolás</i>	Lemerült pácsav, illetve helyi kezelés esetén vas-, és cinkhidroxid tartalmú iszap.	Zöldes színű, vas-kloridot és kis mennyiségű szabad savat tartalmazó oldat, illetve zöld vagy vöröses barna színű iszap. Cinktartalma annak függvénye, hogy végeztek-e a pácsavban selejt termék visszamaratást. Az egyéb szennyezőanyag tartalom a pácolt termékből kioldódott anyagok függvénye.
<i>Öblítés</i>	Az öblítővíz helyi kezelésekor keletkező iszap.	Mivel a kihordott pácsavak kezelése során keletkezik, ezért szennyezőanyag tartalma minőségileg hasonló a pácsavakéhoz.
<i>Fluxálás</i>	A flux-oldat vastalanítása során keletkező iszap.	Vöröses barna színű vashidroxidot, illetve a flux oldatot tartalmazó hulladék.
<i>Tűzihorganyzás</i>	Keménycink.	Kristályos megjelenésű cink-vas ötvözet.
	Cinkhamu	Cink-oxidot és fém cinkszemcséket tartalmazó, piszkos szürke színű, hamuszerű anyag.
	Kötöző drót	Cinkbevonatot tartalmazó acéldrót.
	Füstgázkezelésből származó szilárd hulladék.	A horganyzandó termékek fémolvadékba merítéskor horganyzókád fölött elszívott, levegőből leválasztott, a flux leégése következtében keletkező, piszkosszürke színű, porszerű anyag.
<i>Repaszálás (utókezelés)</i>	Kiürült festékes és spray-s dobozok, ecsetek, szennyezett csiszoló anyagok, szennyezett védőruházat.	A hulladékok jellemzően cinkkel, illetve a festék oldószer tartalmával szennyezettek.

## *A keletkezett hulladékok besorolása*

A 2012. évi CLXXXV. Törvény a hulladékot a következőképpen definiálja: „Hulladék: bármely anyag vagy tárgy, amelyetől birtokosa megválnak, megválni szándékozik, vagy megválni köteles.”

A képződő hulladékok jellegük szerint veszélyes, illetve nem veszélyes kategóriába sorolhatóak. A besorolás alapja jelenleg a hulladékok jegyzékét tartalmazó 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet. A rendeletben szereplő hulladék listán a veszélyes hulladékokat az EWC szám jobb felső sarkában elhelyezett \*-gal jelöli.

A rendeletben leírtak figyelembe vételével a termelők hulladékaikat különböző EWC kódszámokhoz rendelik. Mivel az EWC kódszámokhoz csak megnevezés tartozik, de fizikai-kémiai jellemzőkre vonatkozó konkrét paraméterek nem, ezért előfordulhat, hogy ugyanaz a hulladék az egyes cégeknél más EWC kódszámon van nyilvántartva. A tűzihorganyzási technológia (beleértve a fémfelületek előkészítését is) hulladéka általában alábbi EWC kódszámokhoz rendelhető:

**11. főcsoport: Fémek és egyéb anyagok kémiai felületkezeléséből és bevonásából származó hulladékok, nem-vas fémek hidrometallurgiai hulladékaik.**

**10.01. alcsoport: fémek kémiai felületkezeléséből, bevonásából származó és egyéb hulladékok (pl. galvanizálási eljárások, horganyzási eljárások, revetlenítési eljárások, maratás, foszfátózás, lúgos zsírtalanítás, anódos oxidálás)**

Ebbe az alcsoportba tartoznak a zsírtalanító oldatok iszapjai, az elhasználdott zsírtalanító oldatok, a reve eltávolítására használt lemerült pácsvak, a helyben kezelt pácsvak és öblítővizek iszapjai. Besorolásuk az alábbi kódszámokra történhet:

- EWC: 11 01 05\* reve eltávolítására használt savak
- EWC: 11 01 09\* veszélyes anyagokat tartalmazó iszapok, szűrőpogácsák
- EWC: 11 01 13\* veszélyes anyagokat tartalmazó zsírtalanítási hulladékok

**A tűzihorganyzási eljárások hulladékait a jegyzék a 11 05-ös alcsoportban az alábbiak szerint nevesíti:**

- EWC: 11 05 01 keménycink
- EWC: 11 05 02 cinkhamu
- EWC: 11 05 03\* gázkezelésből származó szilárd hulladék
- EWC: 11 05 04\* elhasznált folyasztószer
- EWC: 11 05 99 közelebbről meg nem határozott hulladék.

Természetesen a technológiai hulladékok mellett egyéb, ahhoz szorosan kapcsolódó tevékenységekből is származhatnak hulladékok. Ilyen tevékenység a repasszálás, ahol kiürült festékes dobozok, sprays flakonok, szennyezett ecsetek, szennyezett „flex” (csiszoló) korongok keletkezhetnek. Ugyancsak hulladék keletkezik az alap és segédanyagok csomagolóanyagaiból, a dolgozók szennyezett védőruházatából, az elhasználdott abszorberekből.

*Ezeket az alábbi kódszámokra javasolt besorolni:*

**12. főcsoport: Fémek, műanyagok alakításából, fizikai és mechanikai felületkezeléséből származó hulladék**

**12 01 alcsoport: Fémek, műanyagok alakításából, fizikai és mechanikai felületkezeléséből származó hulladék**

- EWC: 12 01 20\* veszélyes anyagokat tartalmazó elhasznált csiszolóanyagok és eszköz

**15. főcsoport: Csomagolási hulladék; közelebbről meg nem határozott felitató anyagok (abszorbensek,) törlőkendők, szűrőanyagok és védőruházat.**

**15 01 alcsoport: csomagolási hulladék (beleértve a válogatottan gyűjtött települési csomagolási hulladékot)**

- EWC: 15 01 01 papír és kartoncsomagolási hulladék

- EWC: 15 01 02 műanyag csomagolási hulladék
- EWC: 15 01 03 facsomagolási hulladék
- EWC: 15 01 04 fémcomagolási hulladék
- EWC: 15 01 10\* veszélyes anyagokat maradékként tartalmazó, vagy azokkal szennyezett csomagolási hulladék
- EWC: 15 01 11\* veszélyes, szilárd porózus mátrixot (pl. azbeszt) tartalmazó fémből készült csomagolási hulladék, ideértve a kiürült hajtógázos palackokat.
- 15 02 alcsoport abszorbensek, szűrőanyagok, törlőkendők és védőruházat
- EWC: 15 02 02\* veszélyes anyagokkal szennyezett abszorbensek, szűrőanyagok, (ideértve a közelebről meg nem határozott olajsűrőket), törlőkendők, védőruházat

### A hulladékgazdálkodás általános szabályai

- Minden tevékenységet úgy kell megtervezni és végezni, hogy biztosítsa a hulladékképződés megelőzését, a hulladék hasznosítását, továbbá környezetkímélő ártalmatlanítását.
- A hulladékképződés megelőzése érdekében cél:
  - Anyag és energiatakarékos, hulladékszegény technológiák alkalmazása.
  - Az anyagnak a termelési – fogyasztási körfolyamatban tartása.
  - A legkisebb tömegű és térfogatú hulladékot, kevesebb szennyező anyagot, kisebb terhelést eredményező termékek előállítás.
  - A hulladékként kockázatot jelentő anyagok kiváltása.
  - A hulladékgazdálkodási tevékenység az emberi egészséget ne veszélyeztesse, a környezetet ne károsítsa, ne jelentsen kockázatot a környezeti elemekre, ne okozzon lakosságot zavaró (határértéket meghaladó) zajt vagy bűzt, és ne befolyásolja hátrányosan a tájat, valamint a védett természeti és kulturális értékeket.
  - A kockázatot jelentő hulladékgazdálkodási tevékenységet a lehető legkisebbre kell csökkenteni.
  - A hulladékban rejlő anyag, energia hasznosítása érdekében törekedni kell a lehető legnagyobb újrahasználatra történő előkészítésre, újrafeldolgozásra, a nyersanyagok hulladékkal történő helyettesítésére.

A szakaszosan működő tűzihorganyzó üzemekben (darabáru horganyzóknak) keletkező hulladékok minimalizálását is szolgálja a 96/61/EK európai tanácsi irányelv alapján készített hazai szabályozás (IPPC direktíva), melyben az ilyen technológiával dolgozó üzemekre vonatkozó legfontosabb technológiai jellemzőket mutatják be, melynek címe: „*Útmutató az elérhető legjobb technika alkalmazásához szakaszos tűz-mártó horganyzás terén (2007)*”

#### Vonatkozó jogszabályok:

- A 2012. évi CLXXXV. Törvény a hulladékról.
- 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről.
- 98/2001. (VI.15) Korm. rendelet a veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről.
- 440/2012 (XII.29.) Korm. Rendelet a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről.
- 20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről.
- 2013. évi CXL. Törvény a fémkereskedelemről.
- 96/61/EK tanácsi irányelv (IPPC direktíva) alapján: Útmutató az elérhető legjobb technika alkalmazásához szakaszos tűz-mártó horganyzás terén (2007)

b-jé

## A DAST Richtline-022 előírásairól

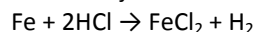
A német Acélepítészeti Bizottság (Deutscher Ausschuß für Stahlbau) 2009 márciusában DAST-Richtlinie 022 irányelveket adott ki, melyek alkalmazása kötelező német építőipari felhasználásra beszállítók számára. Az irányelvek címe: Teherhordó acélszerkezetek tűzihorganyzása (Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen). A dokumentum a DIN 18800, vagy DIN EN 1993 és DIN 18800-7 vagy DIN EN 1092-2 szerint méretezett és gyártott teherhordó acélszerkezetekre vonatkozik. Olyan intézkedéseket fogalmaz meg a tervezők, gyártók és tűzihorganyzók részére, melyekkel a horganyzási folyamat során – extrém körülmények között - fellépő repedésképződés miatti teherbírási biztonság csökkenés, és így a használhatóság csökkenés megakadályozható. Vonatkozik a DIN EN 10025 1-4 részében meghatározott S235, S275, S355, S420, S450, S460 minőségű, valamint a DIN EN 10210 és DIN EN 219 szabványban meghatározott hasonló acélokra, egyben kiegészítés is a DIN 18800-7., valamint az EN 1090-1. és 2. részéhez. Az előírás kizárólag tömör szelvényű hengerelt, vagy hegesztett szelvényekből előállított tartószerkezeti elemekből kivitelezett acélszerkezetekre érvényes, melyek önálló tartóként vagy rácsos szerkezetek részeiként kerülhetnek felhasználásra.

### A hegesztett acélszerkezetek tűzihorganyzása

A szakemberek már évtizedek óta ismerik, hogy a nagyobb keresztmetszetekkel rendelkező szerkezeti elemek kivitelezése fokozott gondosságot igényel. Mivel az ilyen darabok gyártásánál, ezen belül kiemelten a hegesztésnél keletkező anyagszerkezeti feszültségek (húzófeszültségek) komoly rizikófaktort jelenthetnek, ezért ezt a tűzihorganyzási folyamatnál is figyelembe kell venni. A bevonás fázisában a munkadarabokat kb. 450 °C hőmérsékletű horganyolvadékba merítik, majd 8-15 percen át tartó kezelést követően kiemelik. A teljes technológiai lépéssor végrehajtásakor még vannak olyan rizikófaktorok, melyek – kellő folyamatszabályozás hiányában - negatívan befolyásolhatják az acélszerkezet szilárdsági tulajdonságait. Ezeket röviden az alábbiakban foglaljuk össze.

#### 1. Savak hatásai (zsírtalanítás és pácolás):

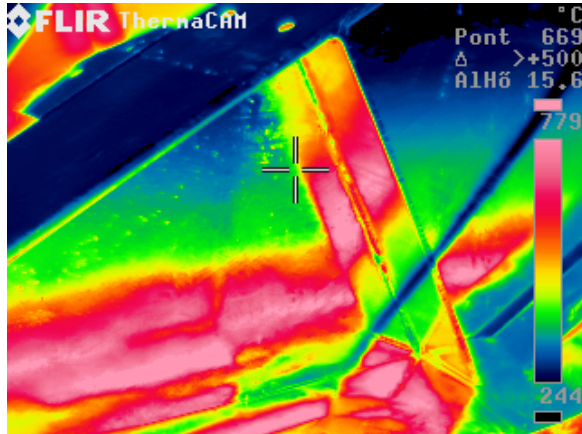
Ahhoz, hogy a horganybevonat ki tudjon alakulni, a munkadarabok felületét fizikailag-kémiaiilag aktív (fém-tiszta) állapotba kell „hozni”. Ehhez a művelethez tartozik a zsírtalanítás és az oxidmentesítés folyamata, melyek folyadékban történnek. A zsírtalanítás ma már kizárólag savas zsírtalanító szerekben történik. Ezek mindenekelőtt vízzel hígított sósavat vagy kénsavat tartalmazó folyadékok, melyek előpácolást is adnak az acélfelületnek. A zsírtalanítást követő oxidmentesítés szinte kizárólag sósav vizes oldatában folyik. Ilyenkor a horganyzásra kerülő acélszerkezetet a páclébe merítik, ahol a sósav hatására a munkadarab felületéről a rozsdá, reve kémiai folyamatokkal leoldódik. A reakciók során vas/sósav határfelületen atomos hidrogén (H) keletkezik, mely könnyen megkötődik a munkadarab felületén, abszorbeálódik (beoldódik) az anyag felületi rétegeibe. A folyamatot a következő egyenlettel mutatjuk be.



A hidrogén jellemzője, hogy kis atomtömege következtében könnyen és gyorsan diffundál a vas kristályrácsában. A fémbe oldódott hidrogén egy része textúrában a kristályrácsok hibahelyein összegyűlik, molekuláris hidrogénné (H<sub>2</sub>) rekombinálódik és ezeken a helyeken jelentős nyomást (több ezer bar [1]) kifejtve rontja az acél szilárdsági jellemzőit (hidrogén okozta ridegedés). Ezt a jelenséget a tűzihorganyzók „túlpácolódásnak” nevezik. A túlzott hidrogénfelvétel elkerülése érdekében a sósavba inhibitorokat adagolnak, melyek megakadályozzák a vas oldódását, így a nagymennyiségű hidrogén keletkezését.

#### 2. A fémolvadékba történő bemelegítés:

A megfelelően előkészített felületű acélszerkezetet meleg levegővel működő szárítókamrában szárítják, előmelegítik, majd ezt követően a kb. 450 °C hőmérsékletű horganyolvadékba merítik (1. -2. ábra). A bemelegítés alatt az anyag teljes keresztmetszetének át kell vennie a fémfűdő hőmérsékletét. A képeken látható, még a szabad levegőn levő, kék színű anyagrészek jóval hidegebbek a már bemelegített részeknél.



1.-2. ábra: Bemerítés a horganyolvadékba (hő kamerás felvétel és hagyományos kép)

A művelet egyfajta hőkezelésnek is felfogható és az acélok belső feszültségviszonyaira nézve kettős jelentősége van.

1. Bemerítéskor a már a fémolvadékban levő rész és a még levegőn levő rész között hőmérséklet különbség alakul ki, mely a fellépő hosszváltozások miatt jelentős feszültségeket gerjeszt az acélananyagban, például csomópontokban a hegesztési kapcsolatoknál. A hosszváltozás mértéke kb. 5 mm/m, mely a feszültséggyűjtő helyeken, ahol az anyag mechanikai tulajdonságai valamiért leromlottak (ridegedés!), kritikus következményekkel is járhat.

2. Az acélok folyáshatára a tűzihorganyzás hőmérsékletén 20-30 %-kal alacsonyabb, mint + 20°C-on, ezért a lecsökkent folyáshatárt már meghaladó gyártásból származó feszültségcsúcsok leépülnek, miközben a lokális anyagfolyások miatt alakváltozások keletkezhetnek az acélszerkezeten. Ám ennek következtében a belső feszültségek szintje alacsonyabb lesz.

### 3. A fémfürdőben tartózkodás és kiemelés időtartama:

A fémolvadékban történő tartózkodás során az acélszerkezet átveszi a fürdő hőmérsékletét. Ezen idő alatt nemcsak a horganybevonat alakul ki, hanem a horganyolvadék/acél fázishatárról kiindulva kétirányú anyagtranszport (termodiffúziós folyamatok) is zajlik. Ennek eredményeképpen a fémolvadékból bizonyos ötvözők a vas szemcsehatáraihoz vándorolnak, ott feldúsulhatnak, a fémkristályok közé diffundálnak, és további feszültségeket indukálhatnak. Ezek összeadódva a szerkezet anyagában már meglévő húzófeszültségekkel repedéseket okozhatnak, melyekbe a fémolvadék behatol és az a feszültségek hatására még tovább mélyül. A folyamatnál az acél szemcsehatárain csökken az anyag képlékenysége (nyúlása). Amennyiben az acélananyagban levő helyi feszültségek meghaladják az acél lokális szakadó nyúlását, a kristályhatárok mentén repedések alakulhatnak ki.

Az acélszerkezetek felületén, élein levő bevágások, lyukak, karcok feszültségkoncentrátorok és így kiindulópontjai lehetnek egy-egy kristályhatár menti repedésnek. Ehhez a folyamathoz természetesen minél több idő áll rendelkezésre, annál teljesebben játszódik le, melynek korlátozása érdekében a fémolvadékban tartózkodás idejét is szabályozni kell.

A kiemelés folyamán - csak kisebb mértékben – ismét hőtágulás különbségek alakulnak ki a még olvadékban levő és a már kiemelt szerkezeti részek között.

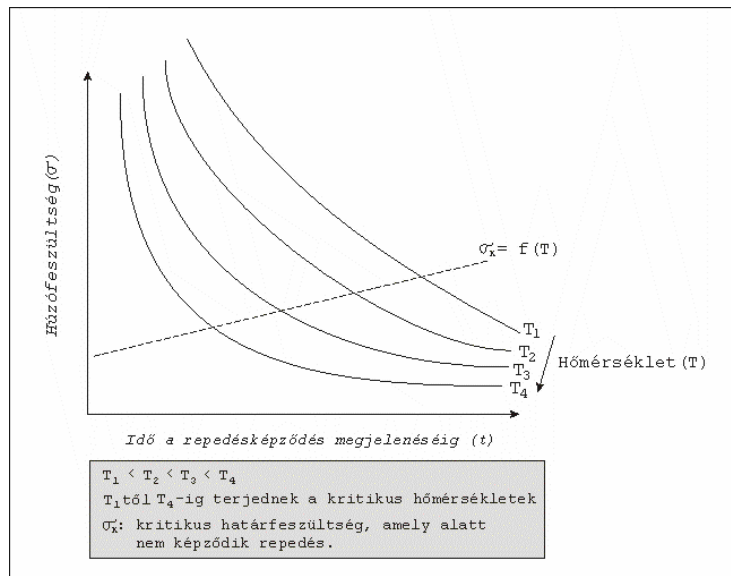
### 4. A horganyolvadék és ötvözői:

A folyékony fémek által okozott feszültségkorróziós jelenség már évtizedek óta ismert (LME: Liquid Metal induced Embrittlement, LMAC: Liquid Metal assisted Cracking). Ennek oka az acélszerkezetben meglévő belső feszültség és a darabot körülvevő – korróziót előidéző- környezet (esetünkben a horganyolvadék) kölcsönhatása közötti bonyolult mechanizmusokban keresendő. Amikor az acél a horganyolvadékkal érintkezik, a fémek (Fe, Zn, és egyéb ötvözők) reakcióba lépnek egymással.

A folyamat relatíve gyorsan haladhat előre és *U. Hasselmann* szerint [2] az alábbi lépésekkel játszódik le:

- A horganyolvadékba történő bemerítéskor „támadó” fématomok megkötődnek a vassfelületen, majd bediffundálnak (oldódnak).
- Az így beoldódott fématomok a „megtámadott” fém (acél) kristályhatárain tovább diffundálnak.

Az esetlegesen kialakuló repedés előrehaladását a támadó fématomok transzportmechanizmusának sebessége határozza meg. Növekvő feszültség és hőmérséklet mellett mindkét folyamat gyorsul. A támadó fém olvadáspontja feletti hőmérsékleten a repedést kitöltő kapilláris fémfolyadék a repedés csúcса mögött halad előre az acélban, ami időben gyorsan lejátszódhat. Feltételezhető, hogy a korróziót okozó (támadó) fématomoknak megfelelő sajátenergiával (hőmérséklet) kell rendelkezniük ahhoz, hogy az acél kristályhatárain tovább tudjanak haladni. A támadó fématomok az előrehaladó repedés csúcсаban koncentrálnak, értékük akár többszöröse is lehet, mint ami a teljes horganyolvadékban van. Az ónnal, ólommal és bizmutteral ötvözött horganyfürdőknél a repedés csúcсаban az említett koncentráció 10-20-szorosan is haladhatja meg az olvadék fő tömegében levőt [3], így a lokálisan kialakuló kapilláris fémfolyadék tulajdonságai jelentősen eltérnek az teljes olvadéktól. A repedés minden esetben interkristallin jellegű, azaz a kristályhatár mentén halad előre. A legújabb kutatások szerint, a kristályhatárok közötti nagyon vékony repedésben egy olyan eutektikum jön létre, amelynek olvadáspontja lényegesen alacsonyabb, mint bármelyik más, az eutektikumot alkotó fémé. Így ennek az olvadéknak a viszkozitása csekély és nagy mozgásképesseggel rendelkezik. Emiatt a LME kialakulásának veszélye időben tovább fennáll, mert a horganyzási folyamat utáni lehülési fázisban is egy ideig még aktív marad a repedés csúcса, azaz tovább haladhat a kristályhatár mentén. Ez a magyarázata annak, hogy röviddel a fémbevonás után is tapasztaltak új repedéseket [3].



**3. ábra:** A feszültség és a hőmérséklet hatása a fémolvadék okozta feszültségkorrózióra (LME) (*Hasselmann* szerint [2])

A szakirodalmi információk abban megegyeznek, hogy a szerkezeti acélok növekvő keménységével és szilárdságával együtt növekszik az adott acélban a folyékony fém okozta feszültségkorróziós hajlama. Egy viszonylag friss kutatás szerint (*Pargeter*) 275 N/mm<sup>2</sup> szakítószilárdság alatt az acéloknak csekélyebb, míg 450 N/mm<sup>2</sup> felett jóval erősebb az érzékenységük az ilyen károsodásra [3]. Ha egy általánosabb modellt keresünk, akkor azt mondhatjuk, hogy a belső feszültségekkel „terhelt” acélszerkezetet horganyzáskor egy korróziós közeg a horganyolvadék veszi körül és az olvadékat alkotó fémek az acél szemcsehatárain „korróziós” jelenségeket okoznak, mely jelenségek háttérben termodinamikai törvényszerűségek húzódnak meg. Tehát a korróziót nem az anyagban levő húzófeszültség okozza, hanem az azt csak elősegíti, viszont minél nagyobb annál nagyobb kockázatot jelent.

Számos kísérletet elvégeztek annak érdekében, hogy behatárolják a peremfeltételeket, melyek ismeretében biztonsággal el lehet kerülni a horganyolvadék hatására kialakuló feszültségkorróziós repedéseket.

Am kísérletekkel igazolták, hogy bizonyos mértékű kritikus húzófeszültség szint alatt nem képződnek az említett feszültségkorróziós repedések. Egy korábbi kutatásnál kiderült, hogy ennek a kritikus feszültségnek ( $\sigma_k$ ) az értéke erősen függ az acél hőmérsékletétől [3]. Az összefüggést szemantik ábránk (3. ábra) mutatja.

Az ábrán jól látható, hogy az acélszerkezet anyagában ébredő húzófeszültségek és az acél hőmérséklete miként befolyásolják a feszültségkorróziós repedés kialakulása szempontjából kritikus húzófeszültség ( $\sigma_k$ ) nagyságát. Az acél hőmérsékletének növekedésével már egyre kisebb feszültségszinten lép fel a kritikus érték, továbbá egyre rövidebb idő szükséges a repedés megjelenéséig. De az is látszik, hogy bizonyos húzófeszültség és/vagy hőmérséklet értékek alatt egyáltalán nem kell számolni a feszültség indukálta károsodással.



A fent bemutatott mechanizmusok valós létezését és eredményeit már évtizedek kutatási eredményei bizonyítják [4].

Ezekre támaszkodva került kiadásra a DAST—Richtlinie 022 irányelv, melynek alkalmazásával el lehet kerülni a veszélyes repedések kialakulását. Ennek 4.1. pontja kimondja, hogy a horganyzásra kerülő acélszerkezeti részeket úgy kell megtervezni, legyártani és tűzihorganyozni, hogy a horganyzási eljárás közben tulajdonságaik – különös tekintettel a repedésképződésre – ne változzanak meg úgy, hogy a tervezéskor, méretezéskor érvényes szilárdsági követelmények már nem teljesülnek.

*Az alábbi területekre tér ki részletesen:*

- Tartószerkezetek tervezése.
- Szempontok a horganyzásra kerülő acélszerkezetek alapanyagai gyártásához.
- Szerkezeti kialakítás és gyártás szempontjai.
- Tűzihorganyzás előtti előkészítő műveletek.
- A horganyolvadék és a bemerítés folyamata.
- Horganyzás utáni vizsgálat.

### ***Főbb szempontok acélszerkezetek tervezőinek és gyártóinak***

Az irányelv kimondja, hogy az építőnek (gyártónak) igazolnia kell, hogy az általa beépítendő acélszerkezeti elem teljes kivitelezése (az alapanyag minőségtől kezdve a tűzihorganyzásig) megfelel a DAST-Richtlinie 022 előírásainak.

Ezt megteheti *egyszerűsített formában*, amely megoldásnál írásban tanúsítja, hogy a teljes tervezési, gyártási és tűzihorganyzási folyamatnál betartották a repedésképződés megakadályozására szolgáló szabályokat. Továbbá, hogy a fémbevonás egy megfelelő intézet által auditált – a fentieket szolgáló – az irányelveknek megfelelően kialakított eljárás szerint történt (ezt bizonyítja a dokumentumokon az ÜZ jelzés szerepeltetése).

Amennyiben nem ezt az utat választja az építést végző, akkor minden egyes műveleti fázisnál (tervezéstől a horganyzásig) *részletes vizsgálatokkal és számításokkal*, illetve azok hiteles eredményeivel kell alátámasztania azt, hogy az adott folyamat megfelel az irányelvekben foglalt követelményeknek, azaz kizárhatóak a repedések kialakulásának kockázatai. Természetesen a teljes előállítási műveletsorra is ki kell adnia az igazolást és ennek részeként tanúsítani kell a bevonómű rendszeresen és hitelesen ellenőrzött működő technológiáját (ÜZ jelzés).

#### *Tartószerkezeti elemek besorolása különböző megbízhatósági (konfidencia) osztályokba*

Az egyszerűsített igazolás kiadásánál érdekesség, hogy a dokumentum az acélszerkezeti darabokat alapanyaguk minősége, szerkezeti vastagságuk és konstrukciójuk függvényében megbízhatósági osztályokba sorolja be, majd ezeknek megfelelően írja elő a tűzihorganyzás után kötelező vizsgálatok fokozatát. Történik ez azért, mert az esetleg kialakuló repedésekre tekintettel az egyes tartószerkezeti elemek alapanyagának szilárdsági jellemzői, vastagsága és konstrukciója más-más kockázatot jelentenek.

#### *Félgyártmányokkal (szerkezeti alapanyagokkal) szemben támasztott követelményekről*

- Az irányelv kiemeli, hogy főleg a nagyobb gerincmagasságú tartószerkezeteknél az öv és gerinclemezek anyagai szilárdsági jellemzőinek (folyáshatár, ütőmunka) csak kismértékben szabad eltérni. Ez különösen érdekes lehet hegesztett gerinclemezes tartók esetében. Fontos kritérium a megfelelő kémiai összetétel tekintettel a jó hegeszthetőségre.

- Alapvető követelmény a féltermékek (lemezek és szálanyagok) megfeleltetése az EN 10163-2 és -3 szabványoknak, hogy felületük repedésmentes legyen, továbbá igazolni kell az alapanyag előírt szívósságára vonatkozó követelményeket (EN 1993-1-10).

- Ugyancsak fontos szempont a szerkezeti anyagok hidegalakítására vonatkozó mértékének megadása.

#### *Alkatrészek szerkezeti kialakítása és gyártásával szemben támasztott követelmények*

Az előírás e része a különféle acélszerkezeti darabok konstrukciójával és készre gyártásával foglalkozik.

- 7. táblázatában ábrákkal mutatja be azokat a konstrukciós kialakításokat, melyek betartása mellett el lehet kerülni az acélszerkezeti elemek káros mértékű vetemedését, illetve meg lehet akadályozni a repedésképződést.

- A megmunkált felületek (pl. lángvágott) felületi érdességét elő kell írni (legfeljebb milyen lehet – EN ISO 9013).

- Bizonyos mértékű hidegalakítás felett megfelelő hőkezelést kell alkalmazni.

*A hegesztési varratok tervezésére és kivitelezésére vonatkozó irányelvekről*

Az előírás 7. táblázata több oldalon keresztül tárgyalja a hegesztési varratok tervezésével és elhelyezésével kapcsolatos feladatokat.

Ebből kiemelve csak néhány jellemző szempontot sorolunk fel, mely érinti a hegesztést:

- Maximális darabtömeg.
- Kivágások, átfolyó nyílások megléte (különösen merevítő bordáknál).
- Kivágások méretei, varraterősségek.
- Nagy anyagvastagság különbségek összehegesztése (összefügg a merítési idővel).
- Követni javasolt hegesztési előírások (sorrend, varraterősség, varratfolytonosság, stb.).
- Átlapolt, hegesztett kötések kivitelezésének szempontjai.
- Rácsos tartókkal szembeni konstrukciós követelmények (4. ábra).
- Hegesztési varratok túlnyúlása sarok-, és hosszvarratoknál.
- Illesztési pontosság.
- Vágási felületek kivitelezése, anyaggal szembeni követelmények.
- Hidegalakítás mértékének szabályozása és felületi karcok korlátozása.

A hegesztéssel kapcsolatos feladatok nagyon fontos, de nem egyedüli területe a repedésképződés megakadályozásának. A fentieket kiegészítve a DAST-022 irányelv lényeges feladatokat határoz meg a tűzihorganyzó üzemek részére is.

(Cikkünk hosszabb formában megjelent a Hegesztéstechnológia című szakfolyóirat 2010. 3. számában).

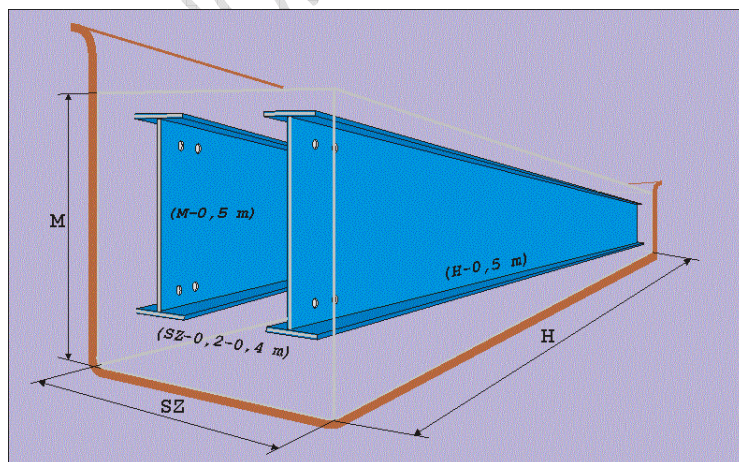
**Hivatkozások:**

- [1] Dr. Dévay József: Fémek korróziója és korrózióvédelme, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979
- [2] Hasselmann, U.; Flüssigmetall induzierte Rissbildung bei der Feuerverzinkung hochfester HV-Schrauben großer Abmessungen infolge termisch bedingter Zugeigenspannungen, Shaker Verlag, Werkstofftechnik, Darmstadt, 1997
- [3] Schulz, W-D.; Thiele, M.; Feuerverzinken von Stückgut, Die Schichtbildung in Theorie und Praxis, E.G. Leuze Verlag, Bad Saulgau, 2008
- [4] W. Katzung; W.- D. - Schulz: Beitrag zum Feuerverzinken von Stahlkonstruktionen – Ursachen und Lösungsvorschläge zum Problem der Ribbildung, Bericht Nr. 152 Gemeinschaftsausschuss Verzinken e.V., Düsseldorf, 2005

a-á

## Acélszerkezetek helyes tervezése – a termékek megengedett befoglaló méretei

Az acélszerkezetek méreteinek igazodni kell a rendelkezésre álló tűzihorganyzó kádak technológiai méreteihez. Ellenkező esetben vagy nem lehet az adott darabot tűzihorganyozni, vagy csak *kétszeri merítéssel* tudják



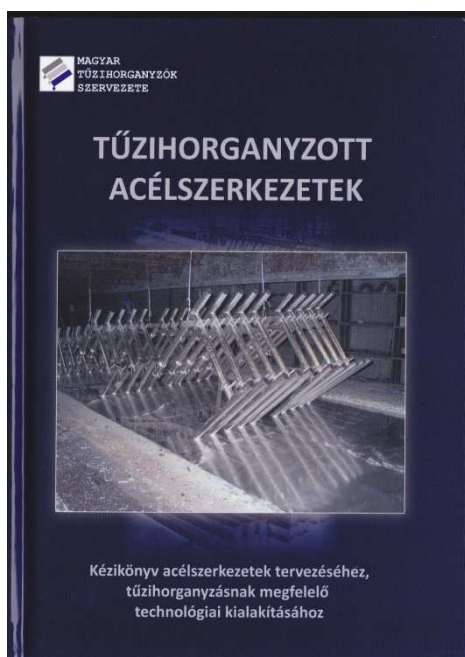
**4. ábra:** A termékek legnagyobb befoglaló méretei

kialakítani a horganybevonatot. Ez utóbbi megoldásnál azonban a termékek minőségét illetően jelentős kockázatokkal lehet számolni, így ez az eljárás nem tekinthető szokásos technológiai megoldásnak, a szabvány szerinti bevonatot (EN ISO 1461:2009) nem minden horganyzó garantálja. A tűzihorganyzó kád belső méreteihez képest, a hosszánál kb. 0,5 m-rel, mélységénél 0,5 m-rel, míg szélességénél 0,2-0,4 m-rel kell kisebbnek lenni a darab befoglaló méreteinek (4. ábra). Kivételes esetekben - de nem minden

horganyzónál – a horganyzókád technológiai mélységénél és hosszánál nagyobb méretű munkadarabok bevonására is van lehetőség. Ilyenkor mindig számolni kell a káros deformációk és bevonati eltérések (szín, vastagság, érdesség), hibák kockázataival. Nagyvastagságú elemekből készített és nagytömegű hegesztett acélszerkezeteknél nem javasoljuk a kétszeri merítés alkalmazását. Amennyiben ez mégis elkerülhetetlen, azt már tervezési fázisban egyeztetni kell a kiválasztott horganyzó üzemmel. Magyarországon ma már lehetséges a 15-16 m hosszú és 8-10 tonna/db tömegű termékek egy lépésben történő bevonása.

a-á

## Kézikönyv acélszerkezetek tervezéséhez és gyártásához



A Magyar Tűzhorganyzók Szervezete – TŰZIHORGANYZOTT ACÉLSZERKEZETEK címmel - 2013. decemberében jelentette meg legújabb kiadványát. Ezzel, az A/5 méretű, keményfedeles kézikönyvvel sok szakember számára kíván segítséget nyújtani a szervezet. A könyv 72 oldalon, 19 db táblázattal és 61 db színes képpel mutatja be azokat a tudnivalókat, melyet a tűzhorganyzott acélszerkezetek tervezésével és gyártásával foglalkozó valamennyi szakembernek fontos tudni, de nagy haszonnal forgathatják maguknak a tűzhorganyzó üzemeknek a szakemberei is, illetve valamennyi érdeklődő.

A gyakorlatban alkalmazókon kívül ajánljuk a kézikönyvet a felsőoktatási intézményekben tanuló hallgatóság számára is, ugyanis munkájuk során nem nélkülözhetik majd a korszerű, tűzhorganyzott acélszerkezetek kialakítására vonatkozó legfontosabb tudnivalókat. A kisméretű könyv térítésmentesen megrendelhető a Magyar Tűzhorganyzók Szervezeténél ([www.hhga.hu](http://www.hhga.hu)), és valamennyi tagvállalatánál.

## Fontos a megfelelő konstrukció, a helyes acélszerkezet gyártási és tűzhorganyzási technológia összehangolása

Az acélszerkezetek helyes konstrukciója lényeges szempont a minőségileg kifogástalanul tűzhorganyozható acéltermékek érdekében. A horganyzási folyamat alatti hőtágulás okozta belső feszültségek hozzáadódnak az acélszerkezet gyártásakor keletkezett megmunkálási, elsősorban a hegesztési feszültségekhez.



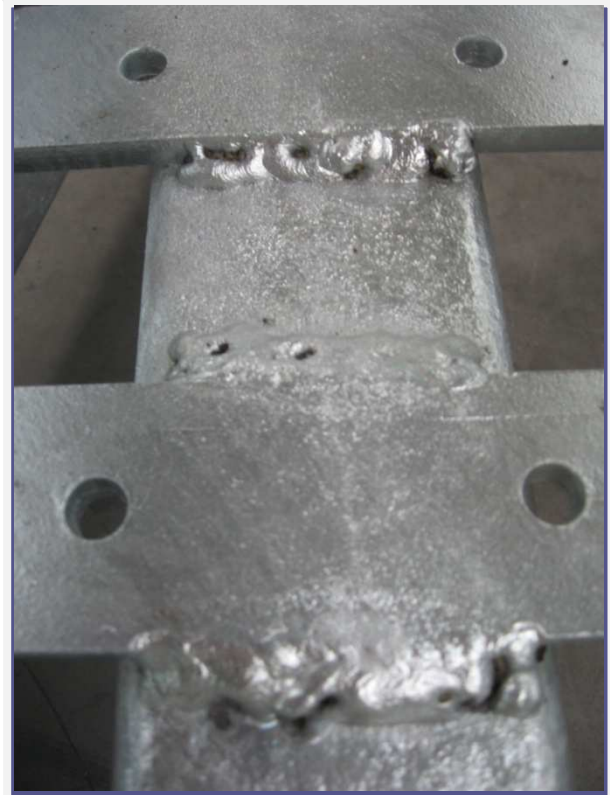
*Nagy méretkülönbséggel rendelkező szerkezeteket nem javasoljuk összehegeszteni*



*Nem ajánlott acélszerkezeti konstrukció*



*Nagyfelületű, vékony lemezekből összeállított szerkezet merevítés nélkül hibához vezet*



*Nem ajánlott konstrukció és rossz minőségű hegesztés*

## A tőzsdei horganyár alakulása 2013.09- 2014.02. hónapokban

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

