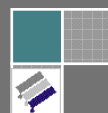


2022.

TŰZIHORGANYZOTT ACÉLSZERKEZETEK

Online szakfolyóirat

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



Tisztelt Olvasóink!

Természetes vizekben is ma már gyakran találkozunk tűzihorganyzott acélszerkezetekkel. A horgany (cink) felületi oxidációja itt is végbemegy, de a folyamatok jóval bonyolultabbak, mint mesterséges vízrendszerekben. A sikeres alkalmazás kulcsa a korábbi tapasztalatok alapos ismerete.

Acélszerkezetek építésénél sokszor előfordul, hogy nem készregyártott elemeket, hanem szálanyagban vásárolt, majd így tűzihorganyzott termékeket használnak fel. Ezek bevonása problémamentes, amennyiben a helyes felfüggesztési módokat biztosítani lehet. Számos hibalehetőség adódik, ezek elkerüléséhez ad tanácsot lapunk egyik írása.

Főleg szakmai berkekben használatos a „hőfoltosság” kifejezés. A jelenség hátterében fizikai-kémiai folyamatok állnak. Az ilyen hőfoltos termékek korrózióállósága nem rosszabb, mint a fényes, vagy világosszürke réteggel ellátott acéloké, de szigorú esztétikai követelményeknek nem mindig felelnek meg. A jelenség nem horganybevonat hibája, hanem egy speciális kísérője lehet, amely kedvezőtlen acélminőség és/vagy konstrukció esetén jön létre.

A fenti témák tanulmányozásához kívánunk kellemes és hasznos időtöltést.

2022. 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 károktól 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 Szövetsége írásos engedélyével történhet.

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

Címlapfotó: Tűzihorganyzott kivitelű hosszú csövek

Tűzhorganyzott acél alkalmazása „természetes” vizekben

A természetes vizek fogalmkörébe a bennünket körülvevő természetes környezetben levő, az emberi tevékenységtől függetlenül is megtalálható álló, vagy folyóvizeket soroljuk. Ilyenek az esőnek időszakosan kitett felületek, csapadékvíz elvezető árkok, kisebb-nagyobb álló és folyóvizek, tengerek. Ezeknek a vizeknek a legjellemzőbb korróziós hatásai:

- pH-értékük,
- hőmérsékletük,
- oldott só-, és ásványi anyag tartalmuk,
- áramlási sebességük, nyomásuk
- szilárd anyag tartalmuk
- bennük élő növények és állatok biológiai hatásai

Természetes vizekben a horganyrétegek felületén szintén kialakul egy védőoxid réteg, amely – tulajdonságai függvényében - jelentősen csökkenheti a horgany további korróziójának sebességét. Mialatt ez a „védő” oxid létrejön, kezdetben gyorsabb korrózióra lehet számítani. Az oxidréteg kialakulásának időtartama néhány naptól több hétig is terjedhet. Az álló és lassan áramló vizekre jellemzően, a fémfelületet érő korróziós hatásokhoz hozzájárulnak még a fémen megtelepedő kisebb nagyobb élőlények (algák, kagylók, moszatok, stb.) okozta hatások is.

A cink korróziós irodalmából kevés pontos ismeretünk van, hogy ilyen élővizekben milyen tönkremenetellel kell számolnunk. Ennek oka a vizek és hatások lokális különbözőségében rejlik. Bonyolultak, állandóan változók a természetes vizekben zajló folyamatok, így elsősorban a helyi gyakorlati tapasztalatokból kiindulva tudunk információkat nyerni a cink ellenálló képességére vonatkozóan.

Hazánkban is egyre több természetes vízben találkozhatunk tűzhorganyzott kivitelű építményekkel (stégek, pontonok, vízkivételi és víztisztító berendezések részei, kikötőoszlopok, stb.). A több évtizedes tapasztalatok kedvezőek. Akár legnagyobb tavunkba, a Balatonba (1-2.kép), folyóink egyes kikötőibe, vagy más vizekbe telepített tűzhorganyzott felületű acélszerkezetekre tekintünk, kitűnően látják el feladatukat. A vízi igénybevételek esetében legnagyobb korróziós igénybevételnek az *ingadozó vízszint zónája, valamint az iszappal érintkező felület* van kitéve.



1- 2. kép: Balatoni fürdőző bejárók hosszú évek óta jól szolgálnak (Fotó: Antal Árpád)

Külön területet képeznek az esővíznek kitett felületek (pl. esőcsatornák), a csapadékvíz elvezető rendszerek. Itt tiszta horganyból, vagy horganyzott lemezből, műanyagból, esetleg rézből készített szerkezeteket alkalmaznak. Klasszikus szerkezeti, vagy korrózióvédelmi anyag a cink. Megfelelően kivitelezett konstrukció esetében kiváló védelmet nyújt. Adott helyen a védelmi időtartam a



3. kép: Tűzihorganyzott kivitelű átereszt

lefolyna. Erősen agresszív klímában, szennyezett levegőjű városokban (elsősorban SO_2 -szennyezés miatt) a cink korróziós rátái többszörösen meghaladhatják a vidéki környezetben mért értékeket. Ugyanis a csapadékvízben elnyelődő agresszív anyagok a víz korróziós hatásait felerősítik. Ezért ilyen nagy igénybevételnek kitett helyeken javasolt a duplex bevonattal ellátott (cink+műanyag) csatornák, vagy például titáncink alkalmazása [1].

Az útépitéseknél különböző méretekben, akár több méter átmérőben is készítik az ugyancsak tűzihorganyzott kivitelű, vastagfalú, hullám keresztmetszetű dongaszerkezeteket ún. átereszként, mely lehetővé teszik a gyors kivitelezést, ugyanakkor a beton-, és kőből készült szerkezetekkel összeépíthetően egyfajta bennmaradó zsaluzatként is alkalmazhatóak (3. kép).

Ezeket a hullámosított dongaszerkezeteket az USA-ban már 1896 óta, Németországban pedig, 1958 óta [2] utak, vasútvonalak kereszteződésénél, vadáteresztő hidaknál, csapadékvíz elvezetésnél, alagutaknál alkalmazzák az útépitéseknél. A nagy korróziós igénybevételek miatt darabáru horganyzással kezelt dongaelemek, különösen, ahol nem légköri igénybevételnek vannak kitéve, még külön műanyag (epoxigyanta) bevonatot (duplex-védelem) is kaphatnak min. 90-100 μm vastagságban. Ebben az esetben az időnkénti víz, iszaplerakódás és az élőlények okozta „vegyes” igénybevétellel kell számolni.

A MSZ EN ISO 12944-2 szabvány tartalmaz háromféle „vízcsoportot” (Im1, Im2, Im3) sorol fel a hozzátartozó korróziós utalásokkal. Az alkalmazásnál a legcélszerűbb az adott felhasználási területen meglevő sokéves tapasztalatokat figyelembe venni. A gyorsított korróziós vizsgálatok (pl. sópermet kamrás teszt) nem alkalmasak a horganybevonat természetes környezetben való viselkedésének megfigyelésére, tartósságának megállapítására.

Felhasznált irodalom:

- [1] P. Maaß; P. Peißker: Handbuch Feuerverzinken, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig-Stuttgart, 1993
- [2] C.van Rijn: Wildwechsel über die Autobahn, Feuerverzinken, 15. Jahrgang, Nr.1., 1986

a-á

Hosszú szálanyagok tűzihorganyzása

A tűzihorganyzó üzemek gyakran találkoznak megrendeléseik között különböző fajtájú és méretű szálanyagok horganyzási igényével. Ezek a termékek lehetnek kereskedésből vásárolt és megmunkálás nélküli szálanyagok, vagy már feldolgozott, furatolt, csomólemezekkel ellátott késztermékek. A technológiai kádak mélységének függvényében a rövidebb szálanyagok horganyzása 1 pontos kötéssel, függőleges pozícióban történik. A horganyzókad hasznos mélységét meghaladó hosszúságú termékek 2, vagy több pontos felkötéssel, a vízszintes síkhoz képest hegyesszögű pozícióban kerülnek bevonásra.

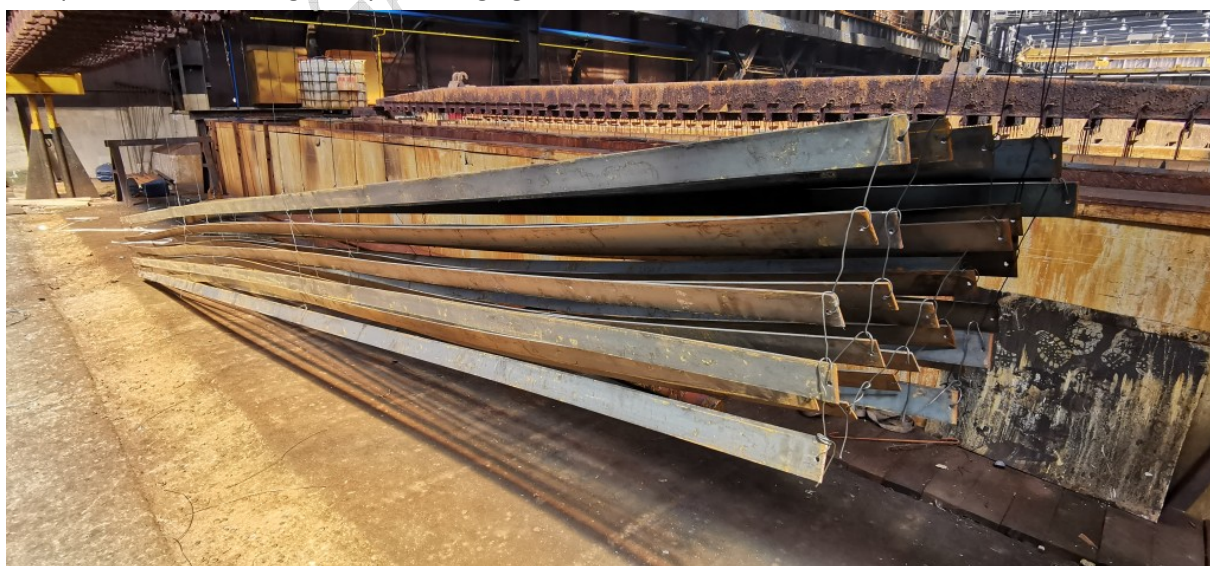
A hosszú szálanyagok geometriai jellemzőjük függvényében kerülnek felkötésre. Ennek módját meghatározza a termék típusa (laposacél, szögacél, cső, zártszelvény, I, U, C szelvény stb.), a szelvény mérete, merevsége, valamint a furatok mérete, a nyílások mennyisége és elhelyezkedése. Ezek alapján a megfelelő minőségű, és deformációmentes tűzihorganyzás érdekében a hosszú szálanyagokat minimum 2, 3, vagy akár 4 helyen is függeszteni kell.

Tekintsük át néhány gyakoribb terméktípus előkészítési módját.

Laposacélok:

A laposacélokat a jobb minőség elérése érdekében élére állítva kell horganyozni. Így nagyobb a merevségük, általában képesek megtartani a saját tömegüket. Ha nem alkalmazunk kellő mennyiségű megkötést, akkor oldal irányba kifordulva egymásra hajolnak, összeérnek. Oldalra fordulva lecsökken a merevségük és a kötések között lehajolva ív, vagy hullámformát vesznek fel. Ekkor a vízszintes közeli részeknél felül horganyfelvastagodás alakul ki, míg az alsó felületen horganytüskék és salakosodás fog megjelenni. Ezek a függesztési pozíciók, előkészítés utáni elmozdulások mind bevonathibát eredményeznek. Ezért a laposacélok felkötésénél három tényezőt kell figyelembe venni:

1. A laposacél magasságát és vastagságát, melyek meghatározzák a szálanyag merevségét az oldal irányú kihajlással szemben (szokásos szerkezeti acél minőséget feltételezve).
2. A laposacél hosszát, ami a vastagságot is figyelembe véve meghatározza a szükséges kötésszámot. Annyi kötést kell alkalmazni, amennyi biztosítja a kihajlástól mentes, egyenes, összeérés nélküli pozíciót a technológiai folyamat végéig.



4. kép: Tűzihorganyzáshoz acélhuzallal felkötött laposacélok

5. A furatok mennyisége és helyzete. A 6 m-es szálhossznál $1/3-2/3$, vagy $1/4-3/4$ arányában lévő furatokat felhasználva elegendő szokott lenni a 2 ponton történő megkötés. Ha erre nincs mód, akkor az anyagokat a 2 végükhöz közel, valamint középen is meg kell kötni, azaz 3 kötési pontot kell kialakítani. A 6 m-nél hosszabb (9-12 m) laposacéloknál minimum 3, de gyakran 4, ritkábban 5 megkötési hely kialakítása is szükséges lehet, bár ennyire hosszú laposacélt a szállítási, anyagmozgatási nehézségek miatt sem szoktak választani (4. kép).

Laposacélok és egyéb szálanyagok tűzihorganyzása keresztmetszeti méreteik, valamint a hatékonyság miatt általában egymás alá kötve történik.

„L”-acélok:

A szögacélnak is nevezett termékek a laposacélokhöz képest nagyobb merevséggel rendelkeznek.



5. kép: L-acélok tűzihorganyzása

Ezért kevés kivételtől eltekintve elegendő a 6 m-es szálakat a két végén, míg a hosszabb, de kisebb szelvény-keresztmetszetű darabokat is elegendő 3 ponton megkötni. Gyakori eset, hogy a nagy szelvényméretű, vastagfalú szögacélokból a hosszú szálaknál is megfelelő a két végén történő megkötés.

A függesztéshez szükséges furatok az egyenlőszárú szögacéloknál bármelyik oldali végeken elhelyezhetők (5. kép).

Az egyenlőtlen oldalúaknál mindig a rövidebb szárra kell a

kötési furatot elhelyezni. Ekkor a szögacél függőleges közeli pozícióban lévő szár része a nagyobb, ez által a saját tömege okozta lehajlással szemben merevebb lesz.

Tisztában kell azonban lenni azzal, hogy a szálanyagként horganyzott szögacélok mindig elszenvednek bizonyos mértékű deformációt, ami vagy látható, vagy nem. A hosszabbak esetleg kardosodni is fognak. Ennek oka az alapanyaggyártásra és keresztmetszeti jellemzőkre vezethető vissza. Az aszimmetrikus szálanyagokba az alapanyaggyártás során belső feszültségek halmozódnak fel, melyeket a gyártósor végén lévő egyengető görgők még növelni fognak. E feszültségeknek egy része a lágyítás közeli tűzihorganyzási hőmérsékleten ($450\text{ }^{\circ}\text{C}$) az acél folyáshatárát kismértékben csökkentve lépül, és a szálanyagon deformáció formájában jelenik meg. Amennyiben ez az alakváltozás akadályozza a felhasználhatóságot, akkor szükséges lehet a szögacél tűzihorganyzás utáni egyengetése.

„U”- és „C”-acélok:

Az U acélok, C-szelvények, és hasonló alakzatok (melyek két végükön alátámasztva nem szenvednek jelentős lehajlást) kellő merevséggel rendelkeznek ahhoz, hogy elegendő legyen két függesztési helyet kialakítani.



6. kép: Tűzhorganyzott trapéz-szelvények kampózva



7. kép: U-szelvény kötési pontjai

Javasolt a kötési helyeket a gerincnek az egyik övhöz közeli oldalára tenni, vagy az öv megfelelő pontjára kell kialakítani (6-7. kép). Így van lehetőség a megkötéskor a gerincet megközelítően függőleges pozícióba állítani, ami a lehorganyzott termékeken csökkenti a deformáció kockázatát, valamint kisebb, kijavítandó kötésnyomot eredményez. Az U szelvényeknél is lehet némi kardosodás a bevonás során a szögacélnál leírt alapanyag gyártási okok, valamint az aszimmetria miatt.

„I”-acélok:

Az I-acélok a két tengelyre szimmetrikusak, emiatt horganyozhatóság szempontjából már jóval kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkezne, mint az előbbi szelvények. Kevésbé érzékenyek a deformációkra, de ennél a szelvénytípusnál is javasolt a gerincet tűzhorganyzás közben függőleges pozícióba állítani (8. kép). Az U szelvényekhez hasonlóan lehet a gerinc egyik övhöz közeli részébe elhelyezni az 1-1 db akasztási furatot, vagy az egyik övnek a 4 sarkára elhelyezni a megfelelő méretű kötési furatokat.



8. kép: I-szelvények tűzhorganyzás közben



9. kép: Csőszálak furatos kötési helvei

A 4-500 mm-es szelvény gerinclemez méret feletti, 10-12-14 méteres szálanyagoknál azonban már figyelembe kell venni az alapanyaggyártáskor felhalmozódott belső feszültséget. Az alapanyagon - szimmetrikussága miatt - ez látható deformációt nem okoz, azonban, ha a horganyzókád hasznos méretét teljesen kihasználva sem elégséges a termék dőlése és a lehető leggyorsabb elmerítés sem tudja korrigálni a kis dőlés okozta problémát, akkor felléphet deformáció, ívesedés a gerenda hossz tengelye mentén. Ez feszültségmentesítéssel, vagy rövidebb hossz méretben történő gyártással elkerülhető.

Csővek:

A csövek általában „pontszimmetrikusak”, emiatt jellemzően probléma nélkül horganyozhatók, csak saját tömegük okozhat deformációs kockázatot. Legtöbb típusnak elegendő a két végén történő felfüggesztés (9. kép), de a kis átmérőjű, pl. 1-2"-os, 8-10 méternél hosszabb csöveknél sem szükséges 3 helynél több akasztási pont kialakítása. Elterjedt módszer az ilyen hosszú, vékony csöveknél, hogy a csövek végeire furatot helyeznek el, a közepén pedig „körbe kötik” a csövet lágyhuzallal a lehajlás, törés elkerülése érdekében. A nagy átmérőjű, vastagfalú, 10-12 m-es, akár 1-2 tonnás csövek tűzihorganyzásánál több módszert lehet alkalmazni.

Egyik lehetőség a teherlánc alkalmazása. Ehhez szükséges, hogy a láncot lecsúszás ellen biztosítani lehessen egy csomólemezzel, vagy fül furatán keresztül. Ez a módszer a nyers, megmunkálatlan csöveknél nem használható.

Másik megoldás a kellő méretű és darabszámú furat készítése a csövek végeihez közel. Ezekbe a furatokba a cső tömegét elbíró darabszámú és átmérőjű lágyhuzalt kell belekötni, furatonként néha több szálát egy pászmába. Mivel a fúrás során a furat mindkét oldalán éles sarkok keletkeznek, ezeket mindenképpen le kell munkálni, „legyökölni”. Ellenkező esetben eltörhetik, elvághatják a kötöző drótot, ami a cső leszakadáshoz, balesethez vezethet. Ha technológiai vízvezetékhez használják fel a csöveket, akkor azoknál a furatok utólagos behegesztése miatt nem szokták alkalmazni ezt a módszert *(megjegyezzük, hogy ivóvízes rendszerekbe használandó csövek tűzihorganyzására az EN ISO 10240 szabvány vonatkozik)*.



10. kép: Hosszabb csövek tűzihorganyzás közben



11. kép: Négyzet szelvény függesztése

Az ipari épületek, gyárak technológiai vízvezetékjeinek bevonásakor a következő módszer alakult ki az elmúlt évek folyamán. A csövek végére felhegesztenek 1-2 db megfelelő átmérőjű bevonatmentes (fekete) csavaranyát, vagy vastag alátétet. Ezek a megfelelő teherbírás érdekében körbe vannak

hegesztve. Ezeken keresztül kellő darabszámú és átmérőjű lágyhuzallal megkötve kerül fel a termék a horganyzó sorra (10. kép). Igény esetén a már bevont termékekről az anyák levágásra kerülhetnek és a helyüket az MSZ EN ISO 1461:2009 tűzihorganyzási szabvány előírásai szerint ki kell javítani. Ha a felhasználást nem akadályozza a csövön maradó függesztő anya vagy alátét, akkor a felhasználónak nem kell eltávolítani.

Az 5-600 mm átmérőjű, 10 m-nél hosszabb csövek esetében az I-szelvényekhez hasonló okok miatt körültekintően kell eljárni a hossz tengely mentén esetleg kialakuló ívesedés elkerülése érdekében.

Zártszelvények (négyzet szelvények):

Ezeket a szálanyagokat tűzihorganyzás szempontjából két csoportra bonthatjuk. Egyik az egyenlő oldalú zártszelvény. Ezeknél mindegy, hogy melyik oldalra kerül a függesztési furat, azonban a jobb bevonat minőség érdekében javasoljuk a következőket megfontolni. Általában a zártszelvények szerelési furatai az oldal közepén helyezkednek el. Ezekbe történő függesztéskor a felső és az alsó alkotók vízszintesek és csak hosszirányban van dőlése a szálhosszúság és a horganyzó kád mélységének a függvényében. Ez a függesztési mód – túl kicsi hossz tengely irányú döntésszög ($<15^\circ$) esetén - a felül felvastagodást, egyenetlen horganybevonatot, míg az alsó felület salakos, megfolyásos, esetleg tüskés felülethez vezet. Csak a horganyzástechnológiai függesztés miatt fúrásra kerülő zártszelvényeknél érdemes a furatot nem az oldal közepén, hanem az egyik sarokhoz közelebb elhelyezni. Ekkor a szelvény minden oldala egyenletes dőléssel fog rendelkezni a vízszinteshez képest oldal irányban is. Kevésbé lesz érzékeny a szálhosszúság miatti kisebb hosszirányú megdöntésre. Egy „rombusz”-hoz hasonló függesztési pozíciója miatt nagyobb lesz a függőleges irányú merevsége is, így kisebb lehajlást fog szenvedni.

A másik zártszelvény csoport az egyenlőtlen oldalú zártszelvényeké (11. kép). A nagyobb merevség, azaz a kisebb lehajlás érdekében a függesztési furatokat mindig a rövidebb oldalon kell elhelyezni. Természetesen a bevonat jobb minősége, egyenletessége, esztétikája miatt itt is javasolt alkalmazni az oldal szélére, a hajlítási él mellé elhelyezni a furatot.

Függesztő furatok méretei:

A horganyzás során az üzemek leggyakrabban lágyhuzalt alkalmaznak a termékek függesztéséhez. Az szálanyagok a rajtuk lévő furatokon, vagy egy kötésre alkalmas nyílásokon keresztül kerülnek rögzítésre. Az alkalmazott huzalvastagság, azaz az egy pásmában lévő drótszálak darabszáma a termék tömege és a kötési pontok száma alapján kerül meghatározásra. Azért, hogy tűzihorganyzás után a huzal a nyílásból eltávolítható legyen minimum 8 mm-es furatátmérő szükséges. Természetesen a több tíz vagy több száz kilogrammos darabokhoz több szál huzal alkalmazása esetén, nagyobb ennél nyílások lesznek szükségesek. Ezt előzetesen javasolt egyeztetni a horganyzó üzem szakembereivel.

Acélkereskedésből vásárolt szálanyagok:

Időnként előfordul, hogy a megrendelők az acélkereskedésben vásárolt termékeket megmunkálás nélkül szállíttatják be a tűzihorganyzó üzembe. Természetesen ez egy előzetes megállapodás után lehetséges eljárás, mely előtt egyeztetésre került a majdani felfüggesztés módja. Egyik lehetőség, hogy a horganyzó üzemben, térítés ellenében, elkészítik a függesztéshez szükséges furatokat. Jellemző másik megoldás, hogy a laposvasaknál, köracéloknál - melyek még további feldolgozásra, darabolásra, hajlításra kerülnek - a szálanyag palástját dróttal több helyen körbetekerve horganyozzák le. Ez a módszer költségkímélő, de több veszélyt is rejt magában.

- Nem lehet ideális dőlési pozícióba állítani az anyagokat a horganyzás során. A lágyhuzal hamarabb felmelegszik, kitágul, így a kötés meglazul. Nagy dőlésnél a kötő drótból kicsúszhat az anyag és beleeshet a horganyzó kádba, ezért kisebb dőlésszög alkalmazása ajánlatos.

- A kis dőlés folyamánya, hogy az anyagok felső részén szemcsésedés, horganyfelvastagodás alakulhat ki, míg az alsó felületeken, éleken felvastagodások, megfolyások, estenként tüskék, hárták, salaktapadványok alakulhatnak ki.
- Mivel a termék nem az MSZ EN ISO 14713-2:2019 szabvány előírásai szerint van tűzihorganyzásra előkészítve (hiányoznak a felkötéshez szükséges technológiai furatok), ezért a horganyzók a kötésnyomokat csak külön megállapodás alapján, felár ellenében távolítják el. Ha szükséges ennek megfelelően végzik el rajta a szükséges javításokat is. Természetesen ezekre az erősen javított felületekre semminemű garancia nem vonatkozik, akár a tűzihorganyzóban, akár a megrendelőnél végzik a javításokat.

Összegzés:

Egy rúd jellegű szálanyag is, akár megmunkált, legyártott késztermék, akár kereskedésben vásárolt alapanyag, körültekintést, odafigyelést igényel a bevonás, vagy a technológiai előkészítés során. A horganyozáshoz történő előkészítés módja, a függesztési furatok, helyek elhelyezése, mérete fogja meghatározni, hogy a horganyzó üzembe beszállított termék milyen minőségben lesz majd bevonható. Ez befolyásolja majd a horganyréteg minőségét, egyenletességét, esztétikáját és meghatározza majd az esetlegesen kialakuló deformáció, kardosság, csavarodás mértékét is.

A hosszú szálanyagokkal kapcsolatban, még ha nem is tűnik a megrendelő számára fontosnak, horganyozhatóság szempontjából bonyolultnak az előkészítés, időben érdemes konzultálni a horganyzó üzem szakemberével. A szálanyagok pontos paraméterei alapján javasolt megbeszélni az előkészítés (felfüggesztés) legcélszerűbb módját.

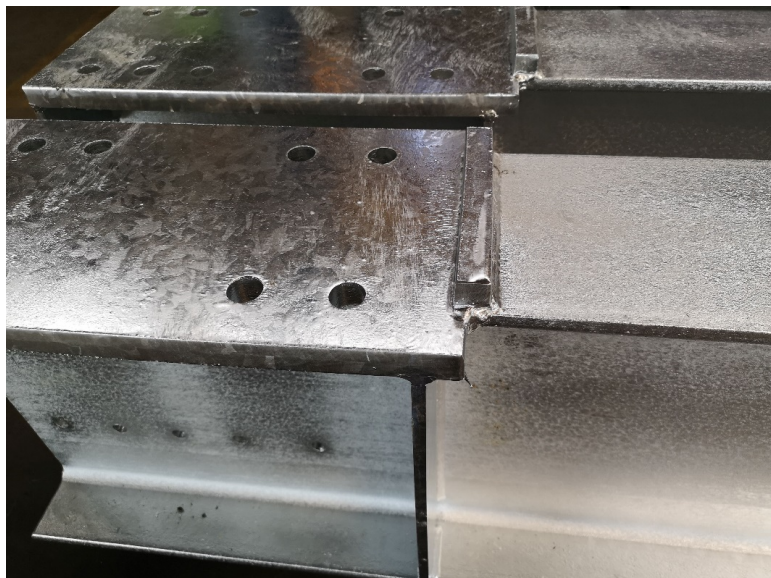
i-m

Mi a hőfoltosság, mit tehet a megrendelő?

A cikk céljának jobb megértése érdekében elsőként a címben szereplő kérdést definiáljuk és később választ is adunk rá. A hőfoltosság nem más, mint egy acélszerkezeti elemen vagy egy összetett acélszerkezeti egységen belül, a horgany bevonat küllemét tekintve, fényes, világos, matt esetleg sötétszürke foltok, látszólag rendszertelenül váltogatják egymást. A megrendelő (tervező, gyártó) pedig sok mindent tehet a jelenség kiküszöbölése érdekében.

Az acélszerkezetek megjelenését és küllemét, a tűzihorganyzásban tevékenykedő szakemberek és a megrendelők, egymástól eltérően ítélik meg. A megbízók elsősorban egységes, lehetőleg fényes bevonatot, tetszetős küllemet szeretnének látni az acélszerkezeten, míg a horganyzási szakemberek számára ez a szempont másodlagos, kifejezetten a korrózióvédelem áll a középpontban. Ebből következik, hogy a hőfoltosság nem horganyzási hiba, a jelenség jobb megértéséhez, vissza kell nyúlnunk a bevonat kialakulásának elméletéhez.

Az alacsony ($\text{Si} \leq 0,04\%$) szilícium tartalmú acélalapanyagok esetében horganyozáskor, a kialakult vas-horgany ötvözetű réteg tömörsége miatt, a kölcsönös anyagtranszport jelentősen lelassul, nincs, vagy alig van tovább vasvesztés, a folyékony fémből kiemelt anyagot, tiszta horganyréteg vonja be. Az ilyen szerkezetek általában fényes, ezüstösen csillogó küllemű horganybevonatot kapnak, amelyek a felhasználás körülményeitől függően változó sebességgel, de egyenletesen elvesztik magas fényüket, lemattulnak. Ezekre a termékekre, anyagvastagságtól függetlenül, a bevonat kialakulásának folyamatából adódóan (12. kép), nem jellemző a hőfoltosság.



12. kép: Vastag alapanyagon fényes, hőfolt nélküli bevonat



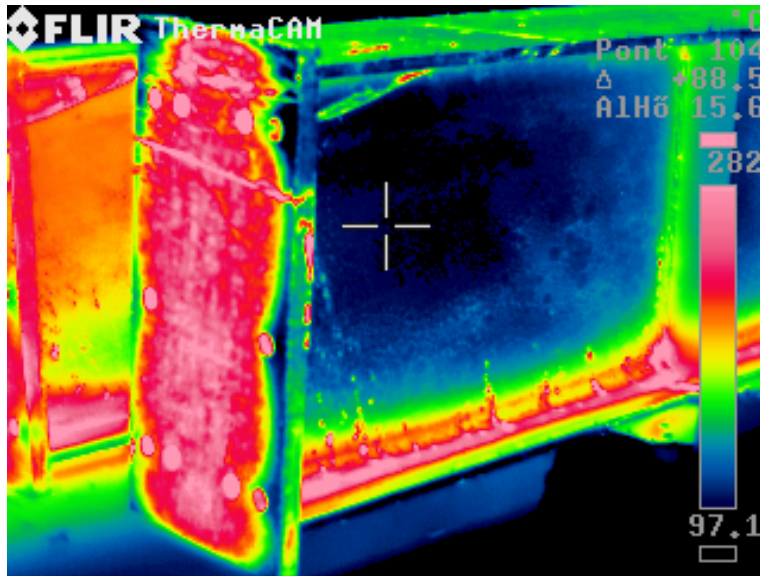
13. kép: HEA-szelvény, lehűlés sebességétől függő, látványos hőfoltokkal

A $\text{Si} > 0,04\%$ és $< 0,14\%$, valamint $\text{Si} > 0,28\%$ szilícium tartalmú acélokat, a tűzihorganyzás szempontjából reaktív acéloknak nevezzük. A vas-horgany diffúzió sebessége jelentősen megnövekszik, vastag, robusztus rétegek jönnek létre. A fürdőből kiemelt terméket először itt is tiszta horganyréteg vonja be, de a kölcsönös anyagtranszport továbbra is fennmarad, ezért a külső fémhorgany fázis vasban feldúsul, átötvöződik. A folyamat mindaddig zajlik, amíg a termék el nem éri a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. Az átötvöződés mértéke, az ismert adatok mellett, több ismeretlen tényező és körülmény végeredménye, emiatt nagyságát előre nem lehet pontosan megmondani. Az egyik, anyagvastagság ismert, a vastagabb anyagok jelentősebb hőmennyiséget képesek tárolni, következésképpen hőfokuk hosszabb ideig marad a kritikus $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett, ami növeli az átötvöződés esélyét. Viszont nem tudjuk előre a legfelső tiszta horganyfázis vastagságát, ami befolyással van a szemmel is látható átötvöződésre. Nem ismerjük pontosan az adott termék szilícium és egyéb ötvöző tartalmát, amelyek különböző tartományokba helyezik az acél reaktivitását. A Sandelin (Si $0,04\text{--}0,14\%$) acélok a legkedvezőtlenebb összetételűek, míg a Sebisty (Si : $0,14\text{--}0,25$ között)-acélok kevésbé reaktívak, emiatt az átötvöződés veszélye, hasonló körülmények mellett az előzőnél, kisebb. A lehűlés módja és sebessége, a környezeti hőmérséklet, a külső befolyásoló tényezője annak, hogy a külső, tiszta horganyfázis mennyire fog vasban feldúsulni. Egyes üzemekben a horganyzott szerkezetek nem szabad levegőn hűlnek le, hanem az átötvöződés megállítására és a hőfoltok lehetőségének csökkentésére kényszerhűtést alkalmaznak. A kényszerhűtés lehet légcsatornában áramoltatott friss levegő, illetve folyadék, elsősorban meleg vizes hűtés.

Reaktív acéloknál, gyakran megfigyelhető jelenség, hogy a horganyfürdőből kiemelt termék rész látványosan, nagyon gyorsan mattul, átötvöződik, miközben a termék egy része, még az fémfürdőben van. Mindezek következménye, hogy bizonyos szelvénytípusok és termékkialakítások, tovább növelik a hőfoltosság megjelenését.

Az eddig elmondottak értelmében, hőfoltok megjelenésére, ott kell számítani, ahol a termék hosszabb ideig marad a korábban említett kritikus hőmérséklet felett. Ezek a helyek lehetnek egy alapszelvény sajátossága is, vagy éppen a kialakítás, a szerkezeti elemek összeépítése hozza magával.

A legáltalánosabbak a HEA szelvények öv-és gerinclemez találkozásánál az övön jelentkező hőfoltok (13. kép). A szelvény övlemezének szélei, viszonylag gyorsan hűlnek, megszűnik az átötvöződés folyamata és fémhorgany réteg fedi le a bevonatot. A gerinc és övlemez találkozásánál az anyagvastagság és lehűlés csökkenő sebessége miatt, a bevonat hosszú ideig a kritikus hőmérséklet felett marad, így a bevonat külső fémhorgany réteg vasban feldúsul. Az egyébként is nagy anyagvastagságú idomszelvényekre, vastag alapanyagból csatlakozó csomólemezeket építünk (14-15. kép).



14. kép: Hő kamerás felvételen látszanak a lassabban hűlő anyagrészek, melyek hőfoltokhoz vezethetnek



15. kép: A zárt szelvény oldalán is jól láthatók a hőfoltok

A csatlakozó csomólemezeknél vagy az elemek toldásánál, a szilárdsági jellemzők növelése érdekében, átlapolásokat hozunk létre, melyek jelentős hőmennyiséget képesek tárolni, hosszú idő alatt hűlnek ki (16. kép). Minden olyan hely és kialakítás, ami jelentős hőmennyiséget képes tárolni, alkalmas lehet a hőfoltok kialakulására. Ilyen helyek lehetnek még a nagy belső terekkel rendelkező, vastag alapanyagból készül szerkezetek, vagy a kisméretű technológiai (kiszellőző, kifolyó) nyílással ellátott belső terek véglemezei, ahol csak hosszú idő alatt folyik ki a horgany az üregekből és lassan távozik el a forró levegő is (17. kép).



16. kép: Átlapolásnál a horganyréteg változó vastagsággal (fényes és szürke)



17. kép: A zárt, belső tér (cső) miatt a lemezközépen kialakult hőfolt

Önmagában véve a hőfolt, esetleg esztétikai eltérés lehet, a korrózióvédelem szempontjából semmiképpen nem okoz problémát. Mint ahogyan fentebb már említettük, kialakulásukban, nagy szerepet játszik az acélminőség. A reaktív acéloknál, a kedvezőbb minőségű acélokhöz képest, gyorsabb a termodiffúzió, vastagabb horganyrétegek alakulnak ki, ami az azonos korróziós környezetben persze arányosan hosszabb élettartamot biztosít a szerkezetnek, viszont markánsabb, lényegesen szembetűnőbb hőfoltok keletkezhetnek, mint az optimális összetételű alapanyagból acélszerkezeteken.



18. kép: Az időjárásnak kitett felületeknél a hőfoltok is jobban meglátszanak



19. kép: Rozsdabarna elszíneződés

A kialakítás és az alapanyag helyes megválasztása sokat javíthat a megjelenésen. A technológiai nyílások megfelelő mérete, és a korróziós gócpontként is kedvezőtlen átlapolások elkerülése, egységesebbé teheti a küllemet. A túlzottan vastag alapanyagok összeépítését, bonyolult csomópontok kialakítását, célszerű elkerülni, más egyszerűbb műszaki megoldásokat alkalmazni. Az időjárásnak kitett, horganyzott acélszerkezeteken a hőfoltosság, még erőteljesebben mutatkozik meg (18. kép). A fémtiszta horgany és a vas-horgany ötvözeti réteg korróziós vesztesége közel azonos, de az átötvözött rétegnél az alapfémhez közeledve vasban egyre dúsabb rétegek lesznek a fedőrétegek, így nagyobbak lesznek a küllembéli eltérések, sőt a fémréteg hosszú idő elteltével, ritkán jól láthatóan barnás-vörössé válhat. De ebben az esetben is ott van maga a horganyréteg, ám az érintett felület magas vas-tartalma miatt rozsdabarna színűvé válhat (19. kép). Nagyon magas vastartalmú, sötétszürke bevonatoknál (pl. hőfoltoknál) ennek kialakulására jóval nagyobb esély van, mint optimális szerkezetű horganyrétegeknél.

Összefoglalva, a hőfoltok a korrózióvédelem és a bevonat minősége szempontjából nem okoznak problémát, de esztétikai szempontokat figyelembe véve, megfelelő alapanyag kiválasztással és helyes szerkezet kialakítással kialakulásuk kockázata és mértéke csökkenthető.

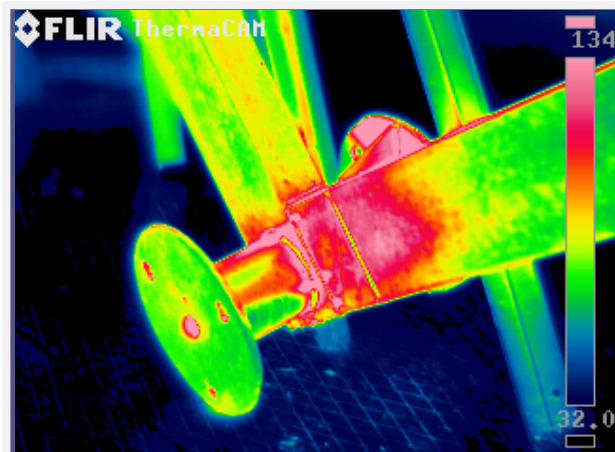
n-m

Megfelelő szerkezeti konstrukcióval és optimális acélminőség választással a bevonat külleme egységes lesz

A szálanyagok tűzihorganyzása is a szokásos technológia szerint történik, de kiemelt fontosságú a megfelelő felfüggesztési helyek biztosítása. A „hőfoltosság” főleg bizonyos acélféleségek és konstrukciók következménye, nem tűzihorganyzási hiba, hanem a horganybevonat szerkezetének helyi megváltozására utal.



A nagyméretű és hosszú I-tartók is szálanyagnak tekinthetők



Az acélszerkezetek zárt és vastagabb részeinél a fémréteg lehűlésének sebessége kisebb (hő kamerás felvétel)



Tömör köracél felületén kialakult sötétszürke réteg (hő okozta bevonati jelenség)



Korróziós hatásoknál mindig kritikus terület a vízzel esetenként érintkező felületrész

A tőzsdei horganyár alakulása 2022.03. - 2022.08. hónapokban

A megadott árak a nagy tisztaságú (SHG Zinc) havi záró eladási árait mutatják (Forrás: www.finanzen.net).

