

Zománczott kötegelt hőcserélők problematikája

Hans J.B.M Derksen; Ferro Technic BV

XXI Nemzetközi Zománckonferencia, Sanghaj, Kína, 2008

(Fordította: Barta Emil)

1. BEVEZETÉS

Előadásunkban a zománczott hőcserélő elemek erőművi füstgáz okozta korróziójával foglalkozunk. Beszélni fogunk a korrózió zománccal való csökkentéséről, megbeszéljük a zománfbevonat alkalmazásának előnyeit és hátrányait.

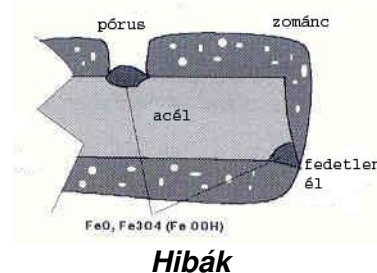
A regeneratív hőcserélők működése alatt a hőcserélő hatékonysága lassan, de folyamatosan csökken az erózió, a korrózió és a szennyeződés miatt. A zománfbevonat tulajdonságai és az elemek kötegélése befolyással van a hőcserélő élettartamára.

Megvizsgáljuk az acél, a zománc, a zománccelvitel, és a zománc tulajdonságok és a kötegelés élettartamra gyakorolt hatását. Vizsgáljuk az elemek profiljának hatását. Számítógépes program használatát mutatjuk be az élettartam becslésére.

2. HŐCSERÉLŐK FELÜLETI KÖVETELMÉNYEI

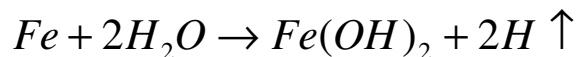
Hőcserélőket a kéntelenítő berendezéseknél használják a hőmérséklet szabályozására és azok direkt érintkezésben vannak a füstgázzal. Ahhoz, hogy funkciójukat folyamatosan ellássák, a hőcserélők felületének az alábbi követelményeknek kell megfelelni:

- Nagy hőátadás
- Kis áramlási ellenállás
- Könnyen tisztítható felület
- Korrózió-, szennyeződés- és erózió-állóság
- Hosszú élettartam agresszív környezetben
- Kedvező felületi tulajdonságok
- Hősokkállóság
- Tűzállóság
- Gyors és könnyű cserélhetőség

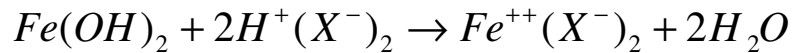


3. KORRÓZIÓS VISELKEDÉS

A zománchibák (nyílt kapcsolatok az acél elemekkel, mint pórusok, repedések, lepatogzások, fedetlen élek és sérülések) lehetővé teszik a víz és vízgőz korróziós támadását az acélon az alábbi egyenlet szerint:



Először a vas-hidroxid passzíválja a vasat. Azonban a füstgáz kondenzátumában többé vagy kevésbé koncentrált alkotók a passzív réteg oldódását okozzák, a következő egyenlet szerint:



Itt a H_3O^+ savas ion a fontos, mivel ez a folyékony oldat savas alkotóinak disszociációja során keletkezik. Ha a kondenzátum a H_3O^+ ionokban főleggel rendelkezik, a fém gyors támadása megy végbe. A savas ionok folyamatos keletkezésének és a vas sók gyors kiválása következtében a vas támadásának sebessége lineáris.

Számos vizsgálat igazolja, hogy nem csak a kezeletlen füstgáz kondenzálódása, de a kéntelenítőben és NO_x mentesítőben tisztított gáz kondenzálódása is okozhat kritikus korróziós környezetet.

A tiszta gázok a H_2SO_4 képződése miatt kifejezetten agresszívak. Még az NO_x mentesítőben keletkező NH_4HSO_4 is nagyon alacsony pH értékű vizet eredményez.

Az kondenzátumok elektrokémiai támadása mellett a füstgáz hamu mechanikai erózióját is megfigyeltük. A füstgázban levő por a zománcfelület kopását eredményezi megnyitva buborék szerkezetet, így pórusok jelenhetnek meg. Ebben az esetben a zománcbevonat csökkentett korróziós védelmet lát csak el.

A hőcserélőben kiülepedő por a hőcserélő hőmérsékletének emelkedését okozza. Ezért fontos a hőcserélő időnkénti tisztítása. A zománcbevonat más szerkezeti anyagokkal szemben ebből a szempontból is előnyt élvez. A zománcfelület kevésbé hajlamos a szennyeződésre.

4. KORRÓZIÓVÉDELEM ZOMÁNCOZÁSSAL

A zománcbevonat korrózióvédelmi képessége megfontolandó. Általában a korrózióvédő zománcbevonat vastagsága 0,15-0,20 mm. Feltéve, hogy a zománcbevonat mindenhol befedi a fémet, a korrózióvédelem mértéké a zománcbevonat tulajdonságai határozzák meg.

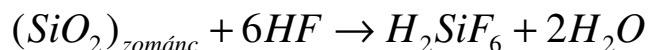
A hőcserélő zománcok kvarcot, titán-dioxidot és bóroxidot tartalmaznak hálózatképző elemként. Az alkáli oxidok és a fluorid komponensek a szükséges fizikai és kémiai tulajdonságokat biztosítják, míg a CoO és NiO az optimális kötést biztosítja. 1250 °C-kon olvasztva a fenti keveréket homogén üveget kapunk.

A hőcserélőknél alkalmazott zománcoknak egy időben kell teljesíteni a kémiai ellenállóképesség és az egy rétegben való felhordhatóság követelményét.

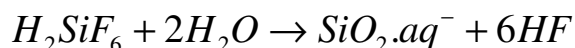
A ma használatos hőcserélő zománcbevonatok zárt korrózióálló bevonatok. A savas és folyékony kondenzátumok csak kis mértékben támadják a zománcfelületet, akár 100 °C környékén is.

A 30%-os, forrásban levő H_2SO_4 -val szemben egy óras igénybevétel után mért súlyvesztés kisebb, mint $0,02 \text{ g/m}_2$. A bevonat nélküli acél esetében ez az érték 6000 g/m_2 .

Kivételt képez a folyosav, melynek támadása során a teljes szilikátháló feloldódik.



Minél nagyobb a fluorid koncentrációja, és minél alacsonyabb a pH értéke, annál nagyobb az oldódás sebessége. A savfelesleg a korróziós termék (H_2SiF_6) folyosavvá alakulását segíti elő.



A folyamatok eredményeként a zománcfelülete leoldódik, a buborékszerkezet feltáruul, lehetővé téve a sava támadását a fém felé.

A sors a HF kondenzátumban való jelenlétének függvénye. Széntüzelésű erőművek-nél legnagyobb része megkötődik a szállóhamuban, amit az E-szűrőben eltávolítá-nak a füstgázból. Így a fluorid már csökkentett mennyiségben van jelen a füstgázban a füstgáz kéntelenítő szakaszban.

Normál működési körülmények között, (10 ppm HF a kezeletlen füstgázban) a hőcse-rélőlemezek zománcbevonata a HF által nem sérül.

5. A MINŐSÉG JELENTŐSÉGE

A kötegelt hőcserélő minőségét sok gyártási paraméter befolyásolhatja. Az acél mi-nősége, a lemezprofil, a kosár kialakítása, az előkezelés, a zománc, az őrlési fo-lyamat, a zománcfelvitel, az égetés és a kötegelés mind megfontolandó.

5.1 Az acél

A 60-as évek elején alacsony széntartalmú lemezt használtak. A zománcbevonat sok hibát tartalmazott, az ISO 8289 B eljárásnak megfelelően, az acél nagy reaktivitásá-nak köszönhetően.

Mivel egyre több hőcserélőt alkalmaztak a kéntelenítőkbén, csökkenteni kellett a zo-mánchibák számát.

A 80-as években alkalmazott széntelenített lemezeknek köszönhetően a hibák szá-ma csökkent. A széntelenített lemezek minőségének javítása a 90-es években to-vábbi javulást eredményezett.

Ferro Technic $15-31 \text{ g/m}^2$ vagy $19-35 \text{ g/m}^2$ pácvesztésű pácolást ajánl, az acélmi-nőség függvényében, alacsony hidrogénátbocsátó-képességet, mely garantálja a pikkelymentes zománcozást.

5.2 Zománcozás

A jobb lemezelőkezelés és jobb zománc alkalmazása fontos szerepet játszik a zo-máncbevonatok korózióvédő-képességének fejlesztésében. Az Európai Zománc Bi-

zottság (EEA 2001) a hőcserélő lemezeknél megengedhető hibák számát 50 db/m²-ben határozta meg.

NEN-EN 14 866: 2006 – regeneratív zománcozott elemeknél kevesebb, mint 50 db/m² hibát enged meg levegő-gáz, és kevesebb, mint 15 db/m² hibát gáz-gáz hőcserélők esetében.

Napjainkban a Ferro Technic képes olyan hőcserélő elemket készíteni, melyeknél a hibaszám max. 5 db/m².

Az ISO 8289 szerint észlelhető aktuális hibák száma nem veszi figyelembe a korróziót, és a szabadon álló buborékszerkezetet. A gyakorlatban sokkal nagyobb számú korróziós pont lehet, mint amennyit az üzembe helyezés előtt mérésel észleltünk. A KEMA -val közösen végzett kutatás eredményei azt igazolják, az üzemi körülmények között bekövetkező hibák növekedése a zománcrétegben jelenlevő nyitott buborékszerkezetnek köszönhető.

A zománc kötése az acélhoz szintén fontos befolyásolója a hőcserélő élettartamának. Ez a kénsav és az acél között végbemenő reakció közben keletkező hidrogénnel kapcsolatos. E szerint az elmélet szerint apró zománcpattogzások keletkeznek a felületen, ahol a zománc kötése gyenge. A lemezelőkészítés alatt végzett nikkelfürdős kezelés optimális kötést eredményez.

A korrózióálló bevonat szempontjából a felviteli technikának is nagy a jelentősége. A KEMA vizsgálatai igazolták, hogy a nedves elektrosztatikus felvitellel készített bevonat ellenállóbb a pattogzással szemben, mint a száraz elektrosztatikus felvitellel készült bevonat. A száraz elektrosztatikus eljárással készített elemek bevonata sokkal ridegebb. A nedves felhordással készült rendszer számos előnnyel rendelkezik a kötegelés szempontjából, mivel a porszórással készült elemek jobban károsodnak.

Az NEN-EN 14863:2005 szabványt használják az élfedés mértékének meghatározására. A gáz-gáz hőcserélőknél füstgáz oldalon 98%-os élfedés optimális. A nedves eljárással készült elemeknél közel 100%-os élfedés érhető el.

A Ferro Technic ezt a felhordási eljárást választotta hosszas kísérletezés után. Ezért garantált a 98%-nál nagyobb élfedés.

A hőcserélő lemezek élfedésének nagymértékű javítása a hőcserélők élettartamát jelentősen megnövelte. Laboratóriumi vizsgálatok igazolják, hogy sokkal lassúbb az éleken bekövetkező korrózió, ha az élfedés nagyobb, mint 95%. A korróziós sebesség az éleken lineáris. A 95%-nál nagyobb élfedés csökkenti a korai szakaszban történő szervizelés szükségletét, mely hosszabb élettartamot eredményez.

5.3 Kötegelés

A hőcserélők gyártásánál az egyik legfontosabb lépés a zománcozott elemek kosárba való kötegelése. Tökéletesen zománcozott elemek mehetnek tönkre a rossz kötegelési eljárás során. Fontos, hogy az elemek síkban feküdjenek egymásra. Így a

nyomóerő az összes érintkezési ponton képes eloszlni, mely érintkezési pontok a hullámos lemezprofil miatt vannak.

A kosárban fellépő kötegnyomás hibákat okozhat, ha túl nagy erők keletkeznek. A kontakt pontokon keletkező repedések nyitott kapcsolatot teremtenek az acél-levegő között. A nagy nyomás miatt csökkenhet az élfedés is.

Nem csak a nyomás ereje, de a nyomás fajtája is felelős lehet a hibák keletkezéséért. Összehasonlító vizsgálatok igazolják, hogy a periódusosan növekvő nyomás kialakulása kedvezőbb, mint a normál nyomás kialakulása.

5.4.1 Az acéllemezek profilja

Fontos, hogy a meghibásodások legnagyobb része (több, mint 80%-ka) a hőcserélő elemek hullámos részén keletkezik. A hullámos lemez profilmagassága egyenetlen terhelést okoz a hullámos lemez ellenében és egyenetlen feszültségeket okoz. A legkisebb profilmagassággal (0,5 mm) rendelkező forma akár nagyobb terhelést is kibírhat, mint a 2 mm magas profil.

A zománkra és az acélra jellemző profilmagasság, az egy négyzetméterre eső kontaktpontok száma, a szakító feszültség, a folyás határ, és E-modulus mellett az acéllemez vastagsága is fontos. Evidens, hogy a kötegeléskor keletkező hibák száma csökkenthető nagyobb lemezzvastagság alkalmazása esetén. Sok meghibásodást, amit a 0,6 mm vastag lemeznél észleltünk, nem észleltük 1,25 mm vastag lemeznél. Számítások szintén igazolják, hogy a profilmagasság és az acéllemez vastagsága a legfontosabb paraméter az optimális minőséggel rendelkező acélelemek tervezésénél.

5.4.2 A kosárkialakítás

A kosárforma esetében meg kell érteni, hogy a fedőlemezek funkciója a kötegelő nyomás tartása a hőcserélő kötegben. Lehetőleg nyomásmentesen kell a kötegek erőműbe való szállítását elvégezni. A kosár fő méreteinek, magasság-szélesség-mélység, a stabilitás szempontjából.

Láthatjuk, hogy konvex kosárborító fedőlemezt láthatjuk a rotor külső gyűrűjén. Ez az oka a töltőelemek alkalmazásának a kosárban. Ennek az a hátránya, hogy a nyomóerő nem egyenletesen oszlik el az érintkezési pontokon. Az eredmény sok repedés kialakulása.

6. AZ ÉLETTARTAM SZÁMÍTÁSA

Gyakorlati tapasztalatok teszik lehetővé, hogy a Ferro Technic a zománcozott hőcserélők élettartamát kalkulálni tudja. Az „ÉLETTARTAM” komputerprogram különböző minőségi paraméterek, elemméretek és üzemelési körülmények segítségével számolja ki a várható élettartamot.

A „PIACI ÉRTÉK” program segítségével meghatározhatók a felújítás vagy új berendezés telepítésének költségei.

7. ÖSSZEGZÉS

A zománcozott regeneratív hőcserélők 30 éve bizonyítják alkalmasságukat a korrózióálló hőcserélők rendszerében. Ezek magas műszaki értéket képviselő berendezések melyek rengeteg előnnyel rendelkeznek az extrém körülmények között. A hőcserélő elemek felületi mattulás nélkül kerülnek elő több éves használatot követően is a kéntelenítő berendezésekből. Ezzel nyomatékosan igazolják a zománcbevonat alkalmasságát.

A tervező az acél és zománcgyártó, az üzembe helyező és a Ferro Technic megfelelő kooperáció mellett az optimális eredmény elengedhetetlen.