

KATTILAN KORROOSIO JA PÄÄSTÖT

Kattiloille asetettavat uudet vaateet, monipuolisemmat ja usein heikommalla polttoaineella sekä kattilan korkeammat käyttöpainat, eli käyttölämpötilat, lisäävät niiden korroosioriskejä. Samanaikaisesti ympäristölainsäädäntö velvoittaa laitosten omistajia pienentämään kattilan kaasumaisia ja hiukkasmaisia päästöjä. Nämä vaateet pakottavat myös kattilan käytöstä ja kunnossapidosta vastaavat henkilöt kiinnittämään huomiota uusiin asioihin käytössä ja kunnossapidossa.

ANJA KLARIN
konsultti, tekn. tri.
Pöyry Energy Oy
anja.klarin@poyry.com



Lisäksi ko. aineet lisäävät kattiloiden päästöjä ja tuovat mukaan erittäin myrkylliset orgaaniset hiiliyhdisteet, kuten dioksiinit ja furaanit.

Terästen korroosio kattilassa jaetaan yleensä kahteen osaan:

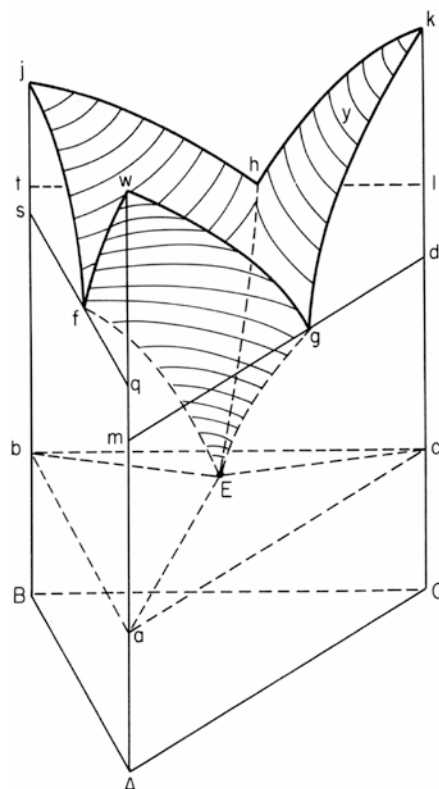
- matalalämpötilakorroosioon ts. kastepistekorroosioon, ja
- kuumakorroosioon, joka yleensä on klooriyhdisteiden aiheuttamaa korroosiota.

Kastepistekorroosio

Rikkihapon aiheuttama kastepistekorroosio, joka yleensä ilmenee lämpötiloissa 130–170 °C, osataan ottaa huomioon jo kattilaa suunniteltaessa. Kuitenkin pyrittäessä hyödyntämään savukaasujen sisältämä lämpöenergia, voidaan savukaasujen lämpötila laskea merkittävästi alle 130 °C:een. Tämä lämpötilan lasku voi saada aikaan yllättäviä korroosioilmiöitä kattilan kylmässä päässä.

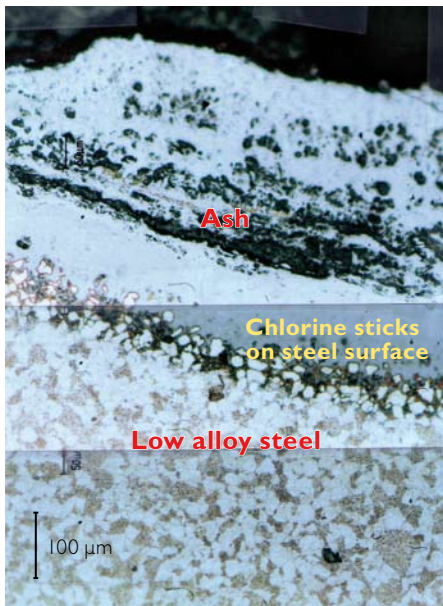
Nippon Steel, joka ennen ArcelorMittal-teräskonglomeraatin syntymistä oli usean vuosikymmenen ajan maailman suurin teräksenvalmistaja, on kehittänyt erityisteräksiä

KUVA 1. Kolmen faasin (A, B ja C) matalin sulamispiste E voi olla hyvinkin paljon alhaisempi kuin minkään ko. binäärien A–B, B–C, A–C eutektinen sulamispiste (g, h ja f). Huomaa, että puhtaiden faasien A, B ja C sulamispisteet ovat tässä tapauksessa merkittävästi korkeammat kuin binäärien eutektikumien sulamispisteet.



Japanissa aloitettiin 1980-luvun alkupuolella kansallinen projekti, jonka päämääränä oli nostaa höyrykattiloiden painetta merkittävästi. Tällöin maailman suurimmat teräksenvalmistajat, ts. japanilaiset Nippon Steel, Sumitomo Steel ja Kawasaki Steel, alkoivat keskenään rajun kilpailun kuumalujien ja kuumakestävien terästen kehittämiseksi. Näitä kehitystyön tuloksia on pikkuhiljaa tullut myös eurooppalaisille teräsmarkkinoille. Kuumateräksiä on Euroopassa aktiivisesti kehittänyt ruotsalainen Sandvik Steel.

Keski-Euroopassa, ja myös meillä Suomessa, on viime vuosina polttoaineiden kirjo kattiloissa muuttunut. Tämä merkitsee erilaisten jätteiden ja uusien biopolttoaineiden mukaantuloa perinteisiin kattiloihin tai niille rakennettuihin erityiskattiloihin. Nämä uudet polttoaineet tuovat mukanaan kloorideja, raskasmetalleja tai muita matalalla sulavia aineita, jotka voivat lisätä kattilan likaantumista ja korroosiota voimakkaasti.



KUVA 2. Poikkileikkaus putken seinämästä ja sen pinnan kerrostumasta. Klooria on paikoitellen löydettävissä aivan putken pinnalta. Kuva A. Klarin.

matalan lämpötilan happokorroosiota ajatellen. Jos savukaasussa on sekä rikki- että klooriyhdisteitä, voi lämpötiloissa alle 75 °C ilmetä happokorroosiota, jota vastaan on Nippon Steel kehittänyt niukkaseosteisen hiilitärksen S-TEN. Käyttökohteina tällaisille teräksille ovat ekonomaisemmin tai vastaavan savukaasujäähdyttimen kattilaputket, kun savukaasussa on veden lisäksi sekä suolahappoa (HCl) että rikkitrioksidia (SO₃).

Kuumakorroosio

Usein kloorikorroosiolla ymmärretään kloridien aiheuttamaa kuumakorroosiota, jolloin savukaasussa osittain sulana oleva lentotuhka tarttuu lämmönvaihdinpinnalle ja aloittaa tuhkan alla olevan pinnan syövyttämisen. Jos sulan määrä tuhkassa kasvaa suureksi, voivat esimerkiksi riippuvat tulistimet syöpyä katastrofaalisella korroosio-mekanismeilla, jolloin korroosionopeus on useita millimetrejä vuodessa. Tällöin sula korroosiotuote valuu pois lämpöpinnalta ja paljastaa teräksen alttiiksi aina uudelle tuhkahyökkäykselle.

Japanilaiset teräsfirmit havaitsivat systemaattisissa tutkimuksissaan, että 5 % NaCl:ia Na-sulfaatti-K-karbonaatti-suola-seoksessa muodosti sulaa jo 512 °C:eeassa, vaikka ko. seoksella ilman kloridia oli alin sulamispiste vähän yli 700 °C:eeassa. Joten tällöin nähtiin, että jo pieni määrä klorideja voi muodostaa lentotuhkaan sulafaasia. Kuten KUVA 1 osoittaa, voi monifaasisysteemin

alin sulamispiste olla merkittävästi alhaisempi kuin minkään yksittäisen yhdisteen tai niiden binääristen seosten sulamispisteet.

RIKKI/KLOORI (S/CL)

-MOOLISUHTEEN MERKITYS

Kattilan kloori- tai kloridikorroosiosta puhuttaessa tarkastellaan yleensä polttoaineseoksen rikin ja kloorin välistä moolisuuhdetta, jonka uskotaan olevan mitta kloorikorroosion riskistä. Rikin tarkoituksena on yksinkertaisesti estää pelätyn kloridin (NaCl:n tai KCl:n) mukanaolo lentotuhkassa siten, että polttoaineen rikki, hapettuttuaan kattilassa savukaasun rikkidioksidiksi (SO₂), reagoi pelättyjen alkalikloridien kanssa vapauttaen savukaasuun suolahappoa. Samalla alkalimetalli muodostaa neutraalia sulfaattia (Na- tai K-sulfaattia).

Kirjallisuudessa on ehdotettu, että jos polttoaineen S/Cl-moolisuhte on yli 2, tapahtuu alkalikloridin muuttuminen sulfaattiksi. Joten ko. väittämän mukaan niukkaseosteisen teräksen korroosioriski pienenee merkittävästi, jos S/Cl-moolisuhte on suurempi kuin 2. Joidenkin tutkijoiden mukaan korroosioriski häviää tyystin, jos S/Cl-moolisuhte on yli 4. Samanaikaisesti on löydettävissä kirjallisuudessa lukuisia tutkimuksia, joissa osoitetaan että S/Cl-moolisuhteella ei ole vaikutusta teräksen kuumakorroosioon.

SULAN MÄÄRÄ TUHKASSA

On tunnettua, että raskasmetallit (kuten lyijy ja sinkki) muodostavat matalalla sulavia klorideja, jotka syövyttävät kattilaa. Lisäksi ne korkean höyrynpaineen vuoksi menevät savukaasuun ja muodostavat hyvin myrkyllisiä päästöjä. Vaikeinta näiden raskasmetallien kanssa on se, että käytännössä ei tunneta samanaikaisesti mukana olevan usean metallin ja kloridien yhteisvaikutuksia kattilan korroosioon.

Erittäin tärkeä kattilakorroosion vaikuttaja on tuhkassa olevan sulan määrä, sillä matalalla sulavat yhdisteet lisäävät merkittävästi kattilan korroosioriskiä. Kun tuhkan seassa on sulaa, jonka viskositeetti voi olla hyvinkin alhainen, muuttuvat tuhkerokkessa tapahtuvat diffuusioprosessit täysin erilaisiksi verrattuna kiinteään tuhkaan.

Tämä tarkoittaa sitä, että diffuusioprosessit (kuten esimerkiksi tulistinpinnalla olevan tuhkan aiheuttama korroosio) kasvavat vähintään sata (usein tuhat) kertaa nopeamiksi, kun tuhkaan tulee sulafaasia. Joten

pelkän sulan muodostuminen tuhkaan voi nopeuttaa voimakkaasti korroosiota, vaikka polttoaineen S/Cl-suhde olisikin suuri.

Tästä syystä kattilan korroosioriskiä tarkasteltaessa olisi tarkasteltava polttoaineprosessia laajemmin. Erityisesti olisi arvioitava lentotuhkan, kuten myös savukaasun muiden komponenttien käyttäytymistä kattilan eri osissa. Joten yleisesti käytetty tarkastelu rikin ja kloorin suhteesta ei todellakaan kerro todellisia korroosioriskejä.

KLORIDIKONTAMINAATIO KATTILASSA

Rautakloridin, kuten myös monen teräksen seosainekloridin, höyrynpaine on riippuvainen lämpötilasta, ts. se kasvaa voimakkaasti lämpötilan noustessa. Kun teräksen pinnalla syntynyt rautakloridi höyrystyy, se pyrkii tuhkerokoksen läpi savukaasuun. Pinnalla olevassa tuhkerokostumassa, KUVA 2, se kohtaa hapen, ja rautakloridi hapettuu muodostaen rautaoksidia ja kaasumaista klooria. Tämän jälkeen kaasumainen kloori reagoi uudelleen teräspinnan, ts. raudan kanssa muodostaen rautakloridia, ja näin kierro jatkuu, ilman että systeemiin tulee lisää klooria.

Tätä kloorin kiertokulkua tuhka/ruostekerroksen sisällä kutsutaan teräksen aktiiviseksi hapettumiseksi. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että teräspinnan kontaminoituessa kloridilla, voi kloorikorroosio jatkuu kattilassa ilman kloorilisäystä. Joten lyhyt polttoainejakso klooririkkaalla polttoaineella voi aloittaa korroosion, jonka vauriot tulevat esiin vasta viikkoja tai kuukausia klooripoltojakson loppumisen jälkeen. Tällaisesta tapauksesta on esitetty käytännön esimerkki artikkelin loppupuolella.

KATTILAN LIKAANTUMINEN

Kirjallisuudessa esitetään lukuisia tutkimuksia, joissa on osoitettu tuhkan tarttumisen olevan kuumakorroosion ensimmäinen vaihe. Kuten kuva 2 osoittaa, muodostuu tuhkan alle oma korroosioympäristö, jossa kloori kulkee edestakaisin ja aktivoi teräksen syövyttämistä. Käytännössä kattilan silmämääräinen tarkastus osoittaa kattilan likaantumisen laajuuden ja likaantumista seuraavat korroosioilmiöt.

KÄYTÄNNÖN KOKEMUKSIA

KLORIDIKORROOSIOSTA

Kirjallisuuden korroosiokokeita tarkasteltaessa on muistettava, että korroosio-olosuhteissa on muistettava, että korroosio-olosuhteissa lähes poikkeuksetta

päätyy erilaiseen korroosionopeuteen kuin käytännön havainto kattilassa vastaavassa lämpötilassa.

Virolaiset tutkijat **Tallermo** ja **Klevtsov** ovat osoittaneet, että öljyliuskekattilassa voi nuohous lisätä merkittävästi korroosiota, sillä nuohous irrottaa putkia suojaavat tuhka-/hapettumakerrokset. Joten nuohouksen jälkeen teräspinnan on kasvatettava uudet suojaakerrokset, kunnes ne taas nuohotaan pois. Tämä voi johtaa kloorikorroosion tapauksessa katastrofaaliseen korroosioon, jos kattilaan heti nuohouksen jälkeen tulee polttoaineesta suurempi määrä klooria – vaikka vain hetkellisesti. Näin aktiivinen hapettuminen voi saada hyvät alkulähtökohdat ja autogeenisena prosessina se eteneekin itsessään alkuun päästyään. Se, millä nopeudella tämä korroosio etenee, riippuu voimakkaasti lämpötilasta ja teräksen kiderakenteesta, **KUVA 4**.

Kirjallisuudessa on osoitettu, että suurin korroosionopeus on niukkaseosteisella ferriittisellä teräksellä, joka muodostaa pinnalleen huokoisen oksidin. Runsaasti seostetulla austeniittisella ruostumattomalla teräksellä on korroosionopeus vastaavissa lämpötiloissa huomattavasti alhaisempi kuin hiiliteräksillä.

KUVA 5 esittää erään leijupetikattilan tulistinputkien seinämäpaksuuksia ensimmäisen puolentoista käyttövuoden aikana. Noin vuosi kattilan käyttöönottopäivästä poltettiin kattilassa vain muutaman viikon ajan klooripitoista polttoainetta ilman mitään välitöntä havaintoa korroosiosta. Merkittävät tulistimien ohenemat havaittiin vasta noin kolme kuukautta klooripitoisen polttoaineen syötön lopettamisesta.

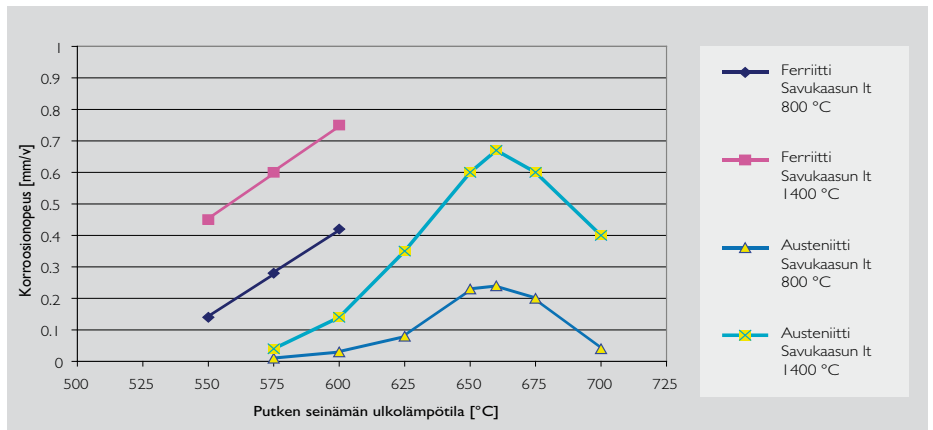
Tulistimen, joka oli $X_{10}CrMoNb9-I$ teräksestä, korroosionopeus oli peräti 4,2 mm/v, kun taas $10CrMo910$:sta valmistetun tulistimen korroosionopeus oli 1,3 mm/v. On huomioitava, että ko. teräkset olivat eri lämpötiloissa: $X_{10}CrMoNb9-I$ oli 535 °C:essä ja $10CrMo910$ 500 °C:essä.

Päästöt ja korroosio

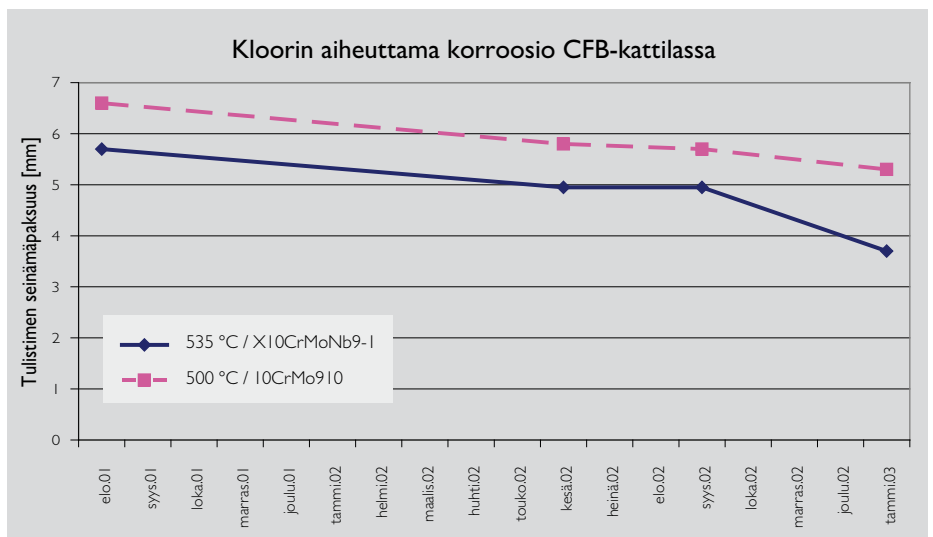
Jos kattilan polttoprosessia, esimerkiksi happipitoisuutta, aletaan voimakkaasti muuttella, voi kattilaan paikoitellen muodostua happiköyhiä alueita, joissa seinämäputkien suojaikalvo vioittuu ja seinämäputket alkavat syöpyä. Tällaista seinämäputkien syöpymää voidaan korjata esimerkiksi suojaamalla seinämäputket ilmaverholla, mikä prosessi kehitettiin 1960-luvulla.



KUVA 3. Kuvassa nähdään tulistimen pinnalta helposti irronnut tuhkakkerros, jossa ilmenevät ruosteen monet värit. Tällainen sakkakerroksen helppo lohkeaminen on usein merkki alkavasta kloridikorroosiosta. Kuva A. Klarin.



KUVA 4. Ferriittisen niukkaseosteisen teräspanputken ja austeniittisen ruostumattoman teräspanputken korroosionopeus eri pintalämpötiloissa ja savukaasulämpötiloissa.



KUVA 5. Erään CFB-kattilan tulistinputkien seinämäpaksuus ensimmäisen puolentoista käyttövuoden aikana. Huomioi, että korroosio syksyllä 2002 tapahtuneen klooripitoisen polttoaineen syötön jälkeen (päivämäärät on muuteltu todellisista) oli nopea ja merkittävä lämpötilan ollessa 535 °C.

Savukaasun rikkidioksidi- ja suolahappopitoisuutta seurataan moderneissa kattiloissa jatkuvin mittauksin. Mitatun SO₂/HCl-suhteen avulla pyritään yleensä arvioimaan kattilan korroosioriskiä, mutta kyseisen suhteen avulla voidaan ennakoita myös savukaasun orgaanisten klooriyhdisteiden, eli dioksiinin ja furaanin, muodostumista.

Olisikin suositeltavaa, että jo kattilan suunnitteluvaiheessa tai kattilan polttoainekirjoa muuttaessa tehtäisiin kokonaisvaltainen kattilakorroosiota ja kattilan päästöjä koskeva tarkastelu. Näiden tarkastelujen kytkeminen toisiinsa antaa kuvan kattilan todellisista käyttö- ja kunnossapitoriskeistä ja niiden keskinäisistä riippuvaisuuksista. ■

»VIITE

H. Tallermo and I. Klevtsov, High Temperature Corrosion of Martensitic Steel under Influence of Chlorine, VGB Power Tech 1/2002, 79-82.

■ LYHYET

ABB toimittaa Vattenfallille pylväsasennettuja verkkokatkaisijoita

»**ABB** toimittaa Vattenfall Verkko Oy:lle 50 pylväsasennettua verkkokatkaisijaa asennettavaksi Vattenfallin verkkoihin eri puolille Suomea. Katkaisijat edistävät Vattenfallin verkon käyttövarmuutta rajamalla sähkön jakeluhäiriöiden vaikutuksen omalle vyöhykkeelle.

Älykästä verkkokatkaisijaa voidaan kaukokäyttää, se ei vaadi huoltoa ja sen suojaustoiminnot ja jälleenkytkentäominaisuudet ovat erinomaiset. Magneettiohjaimella varustettu tyhjökatkaisija on helppo asentaa ja ottaa käyttöön.

Verkkokatkaisijat ovat osa ABB:n lanseeraamaa vyöhyke-

konseptia, jossa sähköverkko on nimensä mukaisesti jaettu vyöhykkeisiin.

– Verkko-yhtiöiden tavoitteena on tarjota laadukasta sähköä luotettavasti ja kustannustehokkaasti. Vyöhykekonsepti on meidän vastauksemme tähän tarpeeseen, sanoo **Dick Kronman** ABB:ltä.

Vyöhykekonsepti on ABB:n Vaasan liiketoimintayksiköiden kehitystyön tulos. Kaupan sisältämät verkkokatkaisijat on varustettu Vaasassa valmistetulla ohjainyksiköllä. ■

»LISÄTIETOJA

Dick Kronman, liiketoiminnan kehityspäällikkö, puh. 050 33 42287

Machinery avaa uuden servohuoltokeskuksen Keuruulle

»**HUOLTO-**, korjaus- ja kunnossapitopalveluihin erikoistunut Machinery Service Finland Oy on avannut uuden toimipisteen Keuruulle. Vuodenvaihteessa toimintansa aloittaneessa huoltokeskuksessa keskitytään palvelemaan asiakkaita servo- ja sähkömoottorien huolloissa ja korjauksissa.

Uudessa huoltokeskuksessa huolletaan moottoreita laaja-alaisesti valmistajista riippumatta. Keuruun toimipisteessä hoidetaan niin diagnostiikka, modernisointien suunnittelu ja toteutukset kuin laitevalmistus, käyttöönotot, varaosapalvelut sekä komponenttien irrotukset, huollot, korjaukset tai vaihdot.

Koko maata palvelevassa keskuksessa on kattavat testauslaitteistot moottoreiden testauksiin. Järjestelmällisellä koulutuksella varmis-

tetaan henkilöstön ammattitaito servomootoritekniikan ja -laitteistojen osalta. Lisäksi tehdään yhteistyötä moottorivalmistajien kanssa.

Laajan kone- ja laitekannan ansiosta Machinery Servicen uudessa huoltopisteessä korjataan ja huolletaan myös mm. AC- ja DC-sähkömoottorit, erikoismoottorit, vaihteet, pumput, puhaltimet jarrut sekä kytkimet.

Reilun 200 m²:n kokoisissa tiloissa toimivan servohuoltokeskuksen toiminta on yksikön vetäjä **Tuukka Tikkan** mukaan pyörähtänyt mukavasti käyntiin. – Tulevaisuuden näkymät ovat hyvät, sillä moottoreiden lukumäärä Suomessa kasvaa. Toimintaan haetaan nyt kasvua. ■

»LISÄTIETOJA

Tuukka Tikkala
puh. 040 773 3358
tuukka.tikkala@machinery.fi

INSTA
Automation

Lupa luottaa

- Automaatiosuunnittelu
- Sovellussuunnittelu
- Automaatiokeskukset
- Automaatio- ja sähköasennukset
- Kokonaistoimitukset

www.insta.fi