

Sähkösuodattimien tyypillisimmät viat ja vauriot

Ilmansuojelu on jo vuosikausia ollut yksi kestopuheenaiheista niin median kuin teollisuudenkin keskuudessa. Yhä tiukkenevat päästömääräykset merkitsevät usein kasvavia investointikustannuksia uusia voima- tai teollisuuslaitoksia suunniteltaessa ja toteutettaessa. Oma lukunsa ovat myös ne jo olemassa olevat laitokset, jotka joutuvat vanhentuvilla puhdistusyksiköillään tulemaan toimeen kiristyvien päästörajojen kanssa.

Tämän artikkelin tarkoituksena on tuoda esiin yhdessä tyypillisimmässä savu- ja prosessikaasujen puhdistuslaitteessa sähkösuodattimessa esiintyviä tyypillisiä vikoja ja ongelmia, sekä korostaa näille laitteille suunnattavan kunnossapidon merkitystä.

Yksi yleisimmin käytetyistä savu- ja prosessikaasujen puhdistuslaitteista on sähkösuodatin, jonka varhaisimmat sovellukset tehtiin jo 1800-luvun alkupuolella.

Sähkösuodattimen toiminta perustuu sähköstaattisten voimien avulla tapahtuvaan kiinteiden pölyhiukkasten (ei kaasumaisten) sähköiseen varaamiseen ja sitä kautta niiden erottamiseen puhdistettavasta kaasusta. Pölyhiukkasten varaamiseen käytetään yleensä hyvinkin korkeita jännitteitä välillä 50-110 kV, virta-arvojen ollessa laitteiston koosta riippuen vain välillä 200-2000 mA.

Rakenteensa ja ominaisuuksiensa johdosta on sähkösuodatin yleisimmin käytetty puhdistintyyppi mm. kivihiili- ja biopolttovoimaloissa, selluteollisuuden soodakattiloissa ja meesauuneissa, sekä myös sementti- ja terästeollisuuden keskuudessa. Suomessa on käytössä useita satoja erikokoisia ja -tyyppisiä sähkösuodattimia.

Tyypillisimmät viat ja vauriot

Savukaasut sisältävät tyypillisesti useita eri kemiallisia yhdisteitä käsittäviä ainesosia, kuten klorideja ja rikin oksideja, jotka jo sellaisenaankin reagoivat terästen kanssa. Kun olosuhteisiin lisätään vielä vaihtelevat lämpötilat ja kaasujen kosteudet on ”maaperä” otollinen korroosion syntymiselle.

Tyypillisimmät korroosiolle altistuvat alueet sähkösuodattimissa ovat suodatin-



Kuva 1. Ilmavotojen syövyttämä tarkastusluukku.

kammion nurkat, alareunat ja pohjasuppilot, sekä huolto- ja tarkastusluukkuja ympäröivät alueet (kuva 1).

Korroosiovaurioiden syitä on useita, mutta totuus kuitenkin on, että suurin osa vaurioista kyettäisiin ehkäisemään estämällä kaikki ylimääräiset ilmavuodot kammioiden. Helposti vuotavia kohtia ovat ravustuslaitteiden läpiviennit, huolto- ja tarkastusluukkujen tiivisteet, sekä erotetun pölyn edelleen-kuljetuslaitteet. Suodattimissa tehtyjen korjauksien yhteydessä mahdollisesti poistettujen eristysmateriaalien takaisin asennuksessa on niin ikään noudatettava tarkkuutta ns. Kylmäsiltöjen ehkäisemiseksi.

Usein vähemmälle huo-

miolle jäänyt korroosion aiheuttaja on savukaasujen jakautuminen koko suodattimessa. Mikäli suuri osa savukaasuista kulkee esim. suodattimen yläosassa, ei alaosassa ole välttämättä lainkaan kaasuvirtausta, jolloin korroosio voi vaurioittaa hyvinkin nopeasti suodatinkammion rakenteita. On myös muistettava, että suodattimeen optimaalisesti jakautuvat kaasut parantavat merkittävästi koko yksikön pölynerotustehokkuutta.

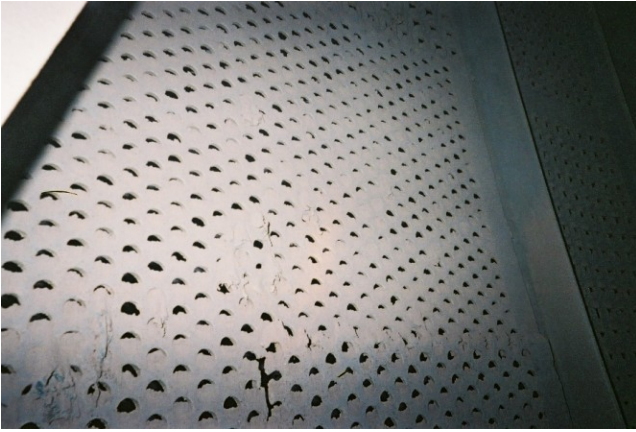
Kaasunjakoverho

Sähkösuodattimen kaasunjakoverho, joka sijaitsee suodattimen tulosuppilossa, on suodattimen staattisista osista useimmiten kaikkein vaurioherkin osa. Pölypitoisista kaasuista ei kaasun-

jakoverholle tultaessa ole vielä erottunut pois hiukkas-takaan, joten verho on alttiina jatkuvalle pölykuormalle, joka voi olla hyvinkin kuluttavaa tai kiinnittarautuvaa (kuva 2).

Savukaasukanavissa vaihtelevat kaasujen nopeudet yleensä n. 14-18 m/s välillä eikä kaasunjakoverholle tultaessa niiden nopeus ole vielä ehtinyt laskea samalle tasolle kuin sähkösuodattimen sisällä (vrt. 0,51,0 m/s). Näin ollen on luonnollista, että savukaasujen sisältämän pölyn aikaansaama eroosiovaikutus voi olla paikoin hyvinkin voimakasta ja kuluttavaa.

Jotkut prosessikaasut voivat sisältää myös suuria määriä tahmeaa tai tarrautuvaa



Kuva 2. Tukkeentunut kaasunjakoverho.

pölyä joka voi helposti tukkia osan tai koko kaasunjakoverhoa. Näissä tapauksissa verho on yleensä varustettu omalla ravistuslaitteistolla, joka auttaa sen auki pysymisessä, mutta aiheuttaa aikaa myöden myös mekaanisia vaurioita. Kaasunjakoverhon ravistuslaitteet on usein säädetty jatkuvatoimiseksi, joka kuluttaa nopeasti ravistuslaitteiston osia ja voi vaurioittaa myös kaasunjakoverhoa.

Korkeajännite- I. emissiosysteemit

Sähkösuodattimen emissiosysteemit näyttävät merkittävää osuutta koko suodattimen toiminnassa - kulkeehan niiden kautta suodattimiin syötetty korkeajännitteinen sähkövirta, jolla kaasusta erotettavaa pölyä varataan. Ensiarvoisen tärkeää onkin, että kaikki suodattimen emissiosysteemit ovat oikein rihdattuja ja suorita, jotta jännitevälit erotuslevyjen väleissä pysyvät tasaisina. Näin varmistetaan mahdollisimman suuren jännitearvon (kV) suodattimen kussakin kentässä.

Korkeajännitteiset emissiosysteemit ripustetaan yleensä 3-4:n porsliini eristimen varaan roikkumaan, jolloin systeemi pysyy erotettuna (+)maadoitetusta rungosta.

Eristimiä on syytä aina käsitellä varoen ja ne on myös syytä puhdistaa määrävällein esim. saippuavedellä tai tarkoitukseen soveltuvilla liuottimilla. Eristimien pinnalle kertyvä pöly voi johtaa helposti sähköä ja polttaa eristimen pinnan rikki halkeisten eristimen (kuva 3).

Yleinen syy kannatineristimien rikkoutumiselle on kuitenkin rikkoutuneet eristimien lämmitysvastukset, jotka sijaitsevat eristinkammioissa. Lämmitysvastuksia käytetään kosteudenpoistoon sekä tasaamaan lämpötilaeroja eristimen sisä- ja ulkopintojen välillä. Mikäli suodattimella on käytössä ns. lämminilmahuuhtelujärjestelmä, on em. järjestelmän imuilmän esisuodattimen tarkastus / puhdistus hyvä lisätä säännölliseen huolto-ohjelmaan.

Emissiosysteemien kehikot on tyyppillisesti rakennettu suhteellisen jäykiksi käyttäen teräsprofieileja, joten niissä ei juuri esiinny muita vikoja kuin ravistuslaitteiden aiheuttamia kulumia ja satunnaisia ravistusvärähtelyjen aikaansaamia murtumia. Eräitä poikkeuksia on kuitenkin ollut havaittavissa niissä sähkösuodattimissa, joissa kaikki ravistuslaitteet sijaitsevat suodattimen yläosassa. Näissä suodattimissa suhteellisen suurimassaiset emissiosysteemit roikkuvat neljän kannatineristimen läpi johdetun kannatintankorakennelman varassa, ja ajan saatossa on em. kannatintankoja murtunut poikki.

Vaurioherkin kohta emissiosysteemeissä on usein itse emissioelektrodit, joita yhdessä systeemeissä on suodatintyyppistä riippuen aina muutamaan tuhanteen kap-paleeseen saakka. Emissioelektrodien tyyppiä on myös useita erilaisia, joiden materiaalit ja muoto valitaan aina tapauskohtaisesti kuhunkin prosessiin soveltuvaksi.



Kuva 3. Haljennut kannatineristin.

Varsin tyypillinen vaurio on yhden tai useamman emissioelektrodin katkeaminen, joka lähes poikkeuksetta aiheuttaa suodattimessa oikosulun. Oikosulun poistamiseksi ei yleensä ole muuta keinoa kuin laitoksen alas ajaminen ja katkenneen elektrodin poistaminen suodattimesta. Yhden tai muutaman poistetun elektrodin vaikutus koko sähkösuodattimen toimintaan ei vielä ole merkittävää, mutta usein toistuvien oikosulkujen ja alasarjojen määrä voi rahassa mitattuna olla hyvinkin huomattava.

Koko suodattimen emissioelektrodien vaihtaminen uusiin tulee kyseeseen silloin, kun ne ovat menettäneet jäykkyytensä, tai niiden katkeilu on säännöllisen toistuvaa (kuva 5).

Emissioelektrodien kohdalla saattaa joskus tulla kysymykseen myös valmistusmateriaalin vaihto johonkin kestävämpään, esim. haponkestävään materiaaliin. Elektrodien tyyppin vai-

taminen johonkin toiseen on myös mahdollista, mutta edellyttää usein pieniä muutoksia myös emissiosysteemin tukirakenteissa.

Erotusjärjestelmä

Toinen sähkösuodattimen "ytimen" osista muodostuu erotusjärjestelmästä, missä suodattimen katosta roikkuvat erotuslevyt muodostavat yhtenäisiä kaasuosia, joissa aiemmin mainitut emissioelektrodit sijaitsevat. Erotuslevyt muodostavat pinnan, johon sähkövarauksen avulla erotettu pöly kerääntyy.

Erotuslevyt ovat usein varsin pitkäikäisiä, vaihdellen kuitenkin prosesseittain. Kuiva ja karkea pöly irtoaa helpommin levyjen pinnoilta kuin öljymäinen ja tarrautuva pöly, jolloin ensin mainitussa olosuhteissa olevat erotuslevyt usein kestävätkin pidempään.

Tyypillisimmät vauriot erotuslevyissä ovat korroosion, kaasujen yllimmäisen tai



Kuva 5. Katkenneita emissiolankoja.

levyravistusjärjestelmän aiheuttamia. Satunnaisesti myös korkean jännitteen aikaansaama valokaari voi polttaa niihin reikiä.

Erotuslevyjen korroosio- vaurioiden ehkäisemiseksi toimivat samat ohjeet kuin koko suodattimenkin

kohdalla. Ilmavuotojen minimointi ja optimaalinen kaasujen jakautuminen suodattimessa lisäävät merkittävästi elinikää.

Savukaasujen yllämmön, tai pohjasuppilossa palamaan syttyneen pölyn aiheuttamia levyjen vään-

tymiä esiintyy varsinkin biopolttolaitosten, sementti- ja kalkkiuunien sekä meesa-uunien sähkösuodattimien yhteydessä. Vääntyneiden erotuslevyjen oikaiseminen on aina vaikeaa ja työlästä ja usein mahdotonta. Näin toimenpiteeksi jääkin vain vääntyneiden levyjen

poistaminen suodattimesta. Poistetut levyt luonnollisesti laskevat sähkösuodattimen erotuskykyä ainakin paikallisesti, mutta toisaalta mahdollistavat myös korkeampien jännitteiden käytön koko suodattimessa jännitevälien "normalisoiduttua".

Sähkösuodattimien tyypillisimmät viat ja vauriot - osa 2

Epätäydellinen kaasujen jakautuminen sähkösuodattimessa voi myös aiheuttaa eroosio-korroosiota eritoten suodattimen ensimmäisessä kentässä. Varsinkin leijukerroskattiloista karkaava petihiekka yhdessä huonon kaasunjaon kanssa syövät metallirakenteita nopeasti. Vastaavia ongelmia esiintyy myös kivihiilikattiloiden sähkösuodattimissa ja yleensäkin prosesseissa, joissa pöly on kuluttavaa.

Ravistuslaitteet

Sekä emissioelektrodi- että erotuslevyjärjestelmiä tulee puhdistaa niihin kertyneestä pölystä aika ajoin. Yleisin käytetty tapa on ravistella em. rakenteita ns. pudotusvasaroilla, jolloin vasarat lyövät järjestelmissä oleviin iskukohtiin säädetyin väliajoin.

Koska ravistusjärjestelmät ovat käytännössä ainoita liikkuvia osia koko sähkösuodattimessa (pl. pölyn edelleenkuljetuslaitteet) on selvää, että suurin osa vioista ja vaurioista keskittyy juuri tälle alueelle. Vaativat prosessiolosuhteet yhdessä ravistuselimien pyörivän liikkeen kanssa aikaansaavat yhtälön, jonka seurauksena ravistusjärjestelmiä joudutaan käytännössä huoltamaan vuosittain. (Kuva 7.)

Tyypillisimmät vauriot ovat pudotusvasaroiden rikkoutuminen, iskuvasteiden I, iskupalojen, tai iskupalkkien tyssäntyminen, sekä ravistusakselin laakereiden ja akselin kuluminen. Vasara- ja laakerivaurioista ei yleensä selvitä muuten kuin uusimalla ko. osat, mutta iskupalkkien tyssäntymät voidaan täytehitsata ja hioa uudelleen sileiksi. (Kuva 8.)

Jos sähkösuodattimen emissiosysteemin ravistus- käytöt sijaitsevat suodattimen katolla, on ko. ravistusjärjestelmässä käytössä lisäksi ns. tappipyöräkytkin muuntamassa vertikaalin ravitusakselin pyörimisen vaakasuuntaiselle ravitusakselille. Ko. tappipyörien ollessa jatkuvasti pölyille alltiina on niiden mekaaninen kuluminenkin itsestään selvyy. (Kuva 9.)

Sähkösuodattimen emissioravistus- systeemeissä on myös käytössä korkea- jännitteisen osan ja rungon erottava eristinakseli. Porsliinisten eristinakselien kestoikä on yleensä useita vuosia, mutta emissioravistusjärjestelmässä olevat liian tiukat välykset lämpölaajenemisen kanssa voivat katkaista eristinakselin hyvinkin helposti.

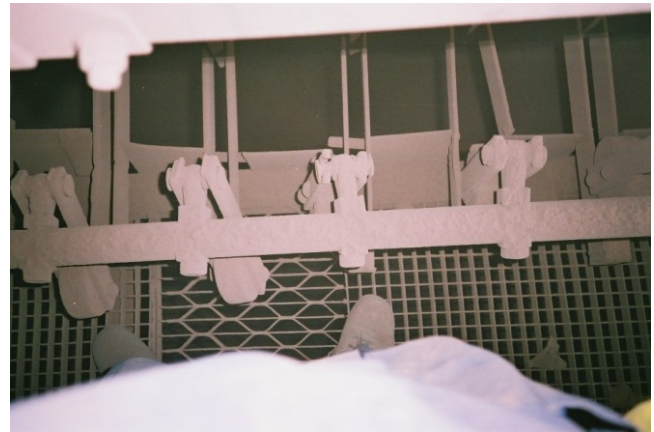
Erotetun pölyn edelleenkuljetuslaitteet

Sähkösuodattimissa käytetään yleensä vain kolmentyyppisiä pohjasuppiloraatkaisuja; kartiomaista pohjasuppiloa, pitkittäistä pohjataskua sekä ns. laahapohjaa. Näistä viimeksi mainituissa vaihtoehdoissa käytetään yleisesti ketjukuljettimia tyhjentämään pohjasuppilot sinne kerääntyneestä pölystä, ja kartiomaissa suppilossa vain sukusyötintä.

Pölyjen edelleenkuljetukseen voidaan lisäksi käyttää erilaisia pneumaattisia kuljetinjärjestelmiä, mutta ne soveltuvat vain kuiville pölyille. On kuitenkin syytä muistaa, että pneumaattista pölynkuljetusta ei tulisi soveltaa sellaisissa kohteissa, joissa savukaasujen tuhkan seassa on vaara olla runsaasti palamattomia tai hehkuvia partikkeleja.

Kaikissa tuhkan kuljetinjärjestelmissä on usein ongelmallista materiaalien nopea mekaaninen kuluminen

niissä osissa, jotka ovat suoraan kosketuksissa erotettuun pölyyn. Pölyn seassa sijaitsevat ketju-



Kuva 7. Vaurioituneita levyravistusjärjestelmän iskupalkkeja.



Kuva 8. Tyssääntynyt emissioravistuksen iskupalkki.



Kuva 9. Emissioravistuksen tappipyöräpari.



Kuva 10. Korroosion vaurioittama laahakuljetin.

pyörät, ketjut ja laakerit ovatkin luokiteltavissa kulumusosiin, joiden vaihtoväli on 1-3 vuotta. (Kuva 10.)

Kuljettimien käyttölaitteet ovat usein ketjuvetoisia, joten käyttöketjut ja ketjupyörät tulee myös tarkastaa säännöllisin väliajoin.

Muuntaja/tasasuuntaajat ja ohjausjärjestelmät

Erotuskyvyn kannalta oleellinen osa sähkösuodattimissa ovat niiden sähköiset säätö- ja ohjausjärjestelmät. Perinteisessä sähkösuodattimessa säätö- ja ohjausjärjestelmä koostuu muuntaja /tasasuuntaajasta, säädinlaitteesta ja muista suodattimen sähköisistä apulaitteista. Nykyisin on tarjolla myös korkeataajuudella toimivia virtalähteitä, joiden toiminta on pääpiirteissään sama kuin perinteisillä muuntaja /tasasuuntaaja -yksiköillä.

Suodattimen sisällä pölypartikkelit varataan sähköisesti syöttämällä muuntajalla erotustilaan korkea tasasuunnattua jännitettä. Jännitteen arvo on tyypillisimmillään välillä 80-150 kV. Korkea jännite syötetään erotuskenttään jolloin erotuslevyjen ja emissiolaitteiden välille muodostuu virta, joka prosessista riippuen on välillä 0.2 - 2.0 A (200-2000 mA). Erotustilassa erotettava pöly muodostaa sähköpiiriin kolmannen osan, eli resistanssin.

Erotuskentän sisältä johdetaan jännitteen ja virran takaisinkytkentätietoja kentän säätimelle, joka säätää ja valvoo tietojen

pohjalta syötettävää tehoa. Säätö tapahtuu yleensä ohjauskeskuksessa sijaitsevilla tyristoreilla. Muuntajan, muiden apulaitteiden ja säätimen toimivuutta tarkkailevat hälytyspiirit.

Kunnossapidon kannalta oleellista on valvoo muuntajan kuntoa. Yleisimpinä vikoina muuntajissa esiintyy tiivisteiden öljyvuoja tai ylikuumenemista. (Kuva 11.) Vioista johtuen muuntaja alkaa nopeasti hälyttää öljynpinnan ja paineen laskiessa muuntajan sisällä. Joissakin tapauksissa muuntajan sisällä voi tapahtua oikosulkuja, jolloin sen toiminta lakkaa yleensä heti. Muuntajan öljypintaa ja lämpötilaa tulisikin seurata jatkuvasti ja öljyä lisätä aina tarvittaessa. Varsinkin Suomen kylmissä olosuhteissa saattaa kyseinen ongelma olla hyvin yleistä. Lisäksi muuntajalle kannattaa aika ajoin tehdä rasituskoe ja ajaa kV/mA- käyrät kunnan tarkastamiseksi. Muuntajan hälytyspiirit tulee testata aina kun se on mahdollista. Yleensä kaikki em. testit tehdään laitosesokkien aikana.

Säädin on koko sähkösuodattimen "aivot" ja sen tulee luonnollisesti olla aina kunnossa. Säädin valvoo ja säätää lähes kaikkia suodattimen toimintoja, ja näin ollen säätimen asetusarvot ja kunto tulee tarkastaa vähintään 2-3 kertaa vuodessa. Jopa pienetkin säätimen väärät parametriasetukset voivat saada aikaan erotuskyvyn kannalta huonoja tuloksia. Säätimen parametriaivot, hälytyspiirit ja säätimen



Kuva 11. Kärjestä rikkoontunut muuntajan läpivientieristin.

testiajot kannattaa tehdä aina kun siihen on mahdollisuus, vähintään vuosisokkien yhteydessä.

Muut sähkösuodattimissa olevat sähköiset apulaitteet ovat mm. lämmitysjärjestelmät, ravustuslaitteet ja kuljettimet. Näiden laitteiden moottorilähdöt sijaitsevat omassa apulaittekeskuksessa ja niitä ohjataan joko suoraan säätimeltä, tai koko laitoksen automaatiojärjestelmästä. Lisäksi suodattimen lämpötiloja, alipaineita ja kaasumääriä voidaan seurata erillisillä laitoksen automaatiojärjestelmään johdotetuilla antureilla.

Sähkösuodattimen apulaitteet tulee tarkastaa vähintään kerran vuodessa. Tarkastuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota apulaitteiden vaihevirtoihin, hälytyspiireihin, keskuksen sähkökomponenttien kulumiseen ja tarkastaa muutenkin laitteiden mekaaninen ja visuaalinen kunto.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki moottorit pyöritetään, kuljettimien mekaaninen kunto tarkastetaan ja lämmitysjärjestelmät mitataan sekä tarkastetaan visuaalisesti. Kaikista tarkastuksista kannattaa aina laatia mittauspöytäkirjat. Kirjattuja arvoja voidaan näin verrata seuraavissa tarkastuksissa ja mahdolliset eroavuudet huomata heti.

Sähkösuodattimien kunnossapito

Sähkösuodattimet mielellään vielä tänä päivänäkin useilla laitoksilla kunnossa-

pitokohteiksi, joihin ei mielellään kosketa. Syy lienee se, että laitteissa käytetään suuria jännitteitä ja ne ovat erittäin pölyisiä työkohteita. Tästä huolimatta on sähkösuodattimille hyvä suorittaa tarkastuksia määräajoin, jolloin kyetään paremmin ennakoimaan mahdollisia suuria korjauksia. Kerran vuodessa tehdyt mekaaniset ja sähköiset tarkastukset riittävät yleensä pitämään käyttäjänsä ajan tasalla laitteiston kunnosta, sekä tarvittavista korjauksista. Ennakoivan kunnossapidon tarkastukset voidaan tehdä "oman väen" toimesta, mutta suositeltavaa on käyttää alan asiantuntijoiden tarjoamia palveluja.

Sähkösuodattimien varaosat voidaan käytännössä jakaa kahteen ryhmään; helposti saataviin teräskomponentteihin, sekä pitkän toimitusajan omaaviin erikoisosiin. Suositeltavaa onkin, että laitoksella säilytetään vähintään niitä varaosia joilla on pitkä toimitusaika, kuten eristimet, erikoislaakerit ja joissakin tapauksissa jopa muuntaja/tasasuuntaaja -yksiköt.

Säännöllisesti tarkastettuna ja huollettuna on sähkösuodattimen mahdollisuus toimia optimaalisesti ja ongelmattomasti aina seuraavan pitkän ajokauden yli. On enemmänkin sääntö kuin poikkeus, että huoltamaton sähkösuodatin oireilee yllätyksellisesti ja vieläpä pahimpaan mahdolliseen aikaan, jolloin prosessin alasajon aiheuttamat kustannukset nousevat kymmeneen, jopa satoihin tuhansiin euroihin.