



D-TUTKINTA

D6/2008Y

Kaasunpesurin lommahtamisesta aiheutunut vaaratilanne terästehtaalla 30.12.2008

Tapahtumatiedot

<i>Tapahtuma-aika</i>	<i>Tiistai 30.12.2008 klo 15.30</i>
<i>Tapahtumapaikka</i>	<i>Terästehdas, kaasunpesuri</i>
<i>Tapahtuman luonne</i>	<i>Masuunin kaasunpesuri lommahti sen jälkeen, kun kaasunpesuriin oli kytketty vesikierto päälle.</i>
<i>Seuraukset tai vahingot</i>	<i>Kaasunpesurin rakenteet vääntyivät ja taipuivat sisään sekä samalla pesuri kallistui putkisiltaan päin. Kaasunpesuri korvattiin uudella. Kustannukset olivat noin 1,5 miljoonaa euroa.</i>
<i>Säätila</i>	<i>Lämpötila oli +2,0°C, ilman suhteellinen kosteus 87 %, tuulen nopeus 11,7 m/s ja puuskissa 13,6 m/s ja tuulensuunta 287 astetta. Lämpötila pysytteli koko päivän välillä 1,7–2,2°C. Onnettomuutta edeltävinä päivinä lämpötila oli plussan puolella. Kovimmat puuskat mitattiin keskipäivällä ja ne olivat 16,7 m/s.</i>
<i>Valaistusolosuhteet</i>	<i>Hyvät</i>
<i>Muut vaikuttaneet tekijät</i>	<i>Voimistuva tuuli</i>

Tutkintaselostus on tehty turvallisuuden parantamiseksi ja uusien onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi eikä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta käsitellä. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä. Tutkintaselostusta ei ole kirjoitettu siten, että se olisi tarkoitettu käytettäväksi oikeudenkäynnissä.

Tapahtumien kulku

Terästehtaan masuuni pysäytettiin tuotannollisten syiden vuoksi 6.12.2008, jolloin masuunin kaasunpuhdistamo erotettiin kaasuverkosta sokeoimalla. Kaasunpesurin masuunikaasun pesemiseen käytettävä vesikierto jätettiin päälle, jotta vesilinjat pysyvät sulana pysäytyksen aikana. Vesikierron ollessa päällä putkistossa kulkeva vesi ruiskutetaan kaasunpesuriin noin 314 m³/h tilavuusvirralla, suutinten hajottaessa vesivirran koko pesurin poikkipinta-alalle. Vesikierron lisäksi kaasunpesurille johtavaan kaasulinjaan kytkettiin vesihöyrnsyöttö päälle, jotta kaasunpesuri itsessään pysyisi sulana pysäytyksen ajan.

Sekä vesikierron että höyrnsyötön ollessa käynnissä pesurin pohjalle kertyi jatkuvasti vettä vesihöyryn tiivistyessä vedeksi pesurin pohjalle ja toisaalta vesikierrosta peräisin olevan veden päätyessä niin ikään pesurin pohjalle. Vesihöyrystä tiivistynyt vesimäärä oli melko pieni, joten pesurin pohjalta päätyi suurin piirtein sama vesimäärä kuin mitä vesikierrosta ruiskutettiin. Tällöin uimuritoimisen venttiiliin kautta säiliön pohjalta poistui vettä noin 314 m³/h.

Masuunin kaasunpesurin vesikierto sammutettiin 30.12.2008 hieman klo 8 jälkeen aamulla, koska kaasunpuhdistamolla oli määrä tehdä putkistomuutoksia. Kaasulinjojen vesihöyrnsyöttö jäi edelleen käyntiin, mutta vesikierron jäädyttävän vaikutuksen poistuttua kaasunpesurin lämpötila nousi 40°C:sta hieman yli 100°C:een. Vesihöyrnpaine kaasunpesurin sisällä oli hieman ilmanpainetta suurempi.

Kaasunpesurin vesikierto käynnistettiin uudelleen iltapäivällä klo 15.25 vesikierron oltua pois päältä hieman yli seitsemän tuntia. Tässä vaiheessa kaasunpesurin sisällä olleen vesihöyryn lämpötila oli mittalaitteiden mukaan vähän yli 100°C ja pesurissa oli lievä, noin 0,11–0,14 baarin ylipaine.

Vesikierron käynnistäminen tarkoitti, että pesuriin alettiin suihkuttaa vettä höyryn sekaan. Tällöin sekä lämpötila että paine alkoivat laskea kaasunpesurin sisällä. Lämpötila laski viidessä minuutissa 20 astetta arvosta 100°C arvoon 80°C. Paine pesurin sisällä laski pesurin mittaustiedoista saatujen arvojen perusteella 0,001 baarin alipaineeseen. On kuitenkin huomattava, että sekä lämpötilojen että paineiden arvot ovat viiden minuutin aikana mitattuja keskiarvoja, joten todellisuudessa paine on luultavasti käynyt alempana kuin edellä mainittu, lähes olematon, alipaine.

Paineen laskun seurauksena pesurin sylinterimäinen vaippa lommahti itäpuolelta sisäänpäin hieman reilun metrin verran ja kallistui lommahtaneen kyljen suuntaan kohti masuunikaasu-, koksikaasu- ja bentseenilinjoja. Mahdollisessa kaatumistilanteessa putkisillan vaurioitumisen lisäksi myös pesurin toisella puolella olleet masuunikaasulinjat olisivat luultavasti repeytyneet. Seurauksena olisi ollut paha kaasuvuoto, tulipalo ja tuotannon keskeytys pitkäksi aikaa.



Kuva 1. Vaurioitunut kaasunpesuri

Tehtaalla varauduttiin suuronnettomuuteen ja ryhdyttiin välittömästi tukemaan vaurioitunutta kaasunpesuria. Lisäksi ennusteiden mukaan tuuli oli voimistumassa illan aikana navakaksi. Tukeminen tehtiin harustamalla sekä kaasupesuri että viereinen porrastorni länsipuolelta ja toisaalta asettamalla itäpuolelle tukipalkki. Tehtaalla varauduttiin myös väestön evakuointiin.

Onnettomuudesta ilmoitettiin klo 17.36 pelastuslaitokselle, joka varautui torjumaan mahdollista kaasun- ja tulipalovaaratilannetta. Lisäksi pelastuslaitos varmisti, että tehtaan oma organisaatio on tiedottanut prosesseissa olevaa henkilöstöä tilanteesta sekä antanut toimintaohjeet mikäli vaaratilanne konkretisoituu todelliseksi onnettomuustilanteeksi. Myös välittömän uhan alla olevaa prosessihenkilöstöä evakuoitiin vaara-alueelta tehtaan oman organisaation toimesta.

Onnettomuuden taustatiedot

Masuunia, jatkuvatoimista kuilu-uunia, käytetään raakaraudan valmistamiseen. Sen yläosasta panostetaan masuunin koksia, pellettiä ja sintteriä. Pelletit ja sintteri sisältävät rautarikastetta, joista lopputuote koostuu, koksi toimii reaktiossa pelkistimenä. Masuunin alaosa puhalletaan masuunin sisään esilämmitettyä (n. 1150°C) happirikastettua ilmaa. Kuumuus sytyttää koksia ja koksi alkaa palaa. Palava koksi riistää kemiallisissa reaktioissa pellettien ja sintterin sisältämistä rautaoksidoista hapen. Pelkistymisreaktion tuotteena syntyy raakaraudaa. Kuumun ilman lisäksi masuunin injektoidaan öljyä korvaamaan koksia pelkistysaineena.

Raakaraudan ohella masuuniprosessissa syntyy kuonaa sekä palamisen yhteydessä masuunikaasua. Masuunikaasu voidaan hyödyntää polttoaineena voimalaitoksella, koksaamalla sekä masuuneilla. Tätä ennen siitä on kuitenkin poistettava kiintoaineet. Kun masuunikaasu on otettu talteen masuunin yläosasta, siitä poistetaan pölysäkissä noin puolet kaasun sisältämistä kiintoaineista. Tämän jälkeen loput kiintoaineet poistetaan kaasunpesurissa veden avulla pesemällä.

Kaasunpesuri on sylinterin muotoinen, noin 40 m korkea ja halkaisijaltaan noin 6–7 m säiliö, jonka vaippa on tehty 8 mm ja kupoli 20 mm paksuisesta teräksestä. Kaasunpesurin tilavuus on 1090 m³ ja massa 80 tonnia. Tämän lisäksi varustelu lisää rakennelman massaa vielä entisestään. Kaasunpesuri on ylipainepesuri, jossa masuunikaasun paine on tavallisesti 1,3 baaria. Pesurin yläosassa on kaksi 2 baarin paineessa avautuvaa venttiiliä, joiden kautta mahdollinen liian suuri paine pääsee purkautumaan. Näitä venttiileitä käytetään myös muun muassa laitteiston tyhjentämiseen.

Analyysi

Onnettomuuspäivän aamuna noin klo 8.15 tehdyn vesikierron pysäyttämisen jälkeen kaasunpesurin sisällä oli ainoastaan hieman yli 100 asteista vesihöyryä. Jäähtyvä vesihöyry tiivistyi pesurin alaosan vedeksi, mistä se edelleen poistui painovoimaisesti pesurista. Höyryn tiivistymisen synnyttämä vesimäärä oli vähäinen.

Kun vesikierto käynnistettiin uudelleen klo 15.25, pesurissa olevan vesihöyryn sekaan alettiin ruiskuttaa höyryä huomattavasti viileämpää vettä, jolloin vesihöyry alkoi jäähtyä nopeasti. Tällöin höyryntilavuus alkoi laskea ja paine säiliön sisällä pieneni alipaineen puolelle. On tiedossa, että suuret säiliöt eivät kestä kovinkaan hyvin alipainetta, joten lommahdus oli luonnollinen seuraamus.

Alipaineen muodostumista saattoi edesauttaa pesurin pohjalta painovoimaisesti poistuva vesi. Pesurista poistuvan veden tilavuusvirta pitemmällä aikavälillä oli jokseenkin sama kuin sinne ruiskutetun veden tilavuusvirta 314 m³/h. Koska pesurin pohjalle kertyvä vesi poistettiin uimuritoimisen venttiilin kautta, tuli vedenpinnan nousta hetken aikaa, jotta pinnan mukana nouseva uimuri ohittaisi pisteen, jolloin venttiili avautuu ja vesi pääsee virtaamaan painovoimaisesti pois pesurista. Tämän vuoksi vesi ei poistunut tasaisena virtana, vaan sykleittäin.

Kaasunpesurin kaatuminen olisi voinut aiheuttaa pesurin läheisyydessä olevien putkilinjojen rikkoutumisen, jonka seurauksena olisi voinut olla paha kaasuvuoto, tulipalo ja tuotannon keskeytys.

Johtopäätökset

Kaasunpesurin lommahtaminen johtui paineen laskemisesta alipaineen puolelle pesurin sisällä. Alipaineen muodostuminen pesurin sisälle johtui sekä vesihöyryn jäähtymisen että tiivistymisen aiheuttamasta höyryn tilavuuden muutoksesta. On luultavaa, että myös painovoimaisesti pesurin pohjalta poistunut vesi vaikutti omalta osaltaan alipaineen muodostumiseen. Suuret säiliöt eivät tyypillisesti kestä kovinkaan suuria alipaineita ilman seinämien muodonmuutosta.

Toteutetut toimenpiteet

Kaasunpesuri tuettiin välittömästi tapahtuman jälkeen ja korjaustoimenpiteet käynnistettiin vuoden alussa. Kaasunpesuri jouduttiin lopulta korvaamaan kokonaan uudella pesurilla.

Kaasunpesurin käyttöönotosta on laadittu toimintaohje vastaavien tilanteiden varalle.

Tutkijoiden toimenpide-ehdotukset

Kaasunpesurin lämpötilaa ja painetta tulisi seurata myös seisokkien aikana.

Kaasuja ja höyryjä sisältäviä järjestelmiä varten tulisi laatia toimintaohjeet, jossa on huomioitu myös mahdollinen alipaineen muodostuminen.

Vastaavissa tilanteissa, joissa kaasunpesuriin ei syötetä masuunikaasua, olisi ennen vesikierron käynnistämistä syytä katkaista vesihöyryn syöttö ja poistaa höyry pesurista esimerkiksi typen avulla. Tällöin höyryn nopeaa lauhtumista ja siitä seuraavaa paineen alenemista ei pääsisi tapahtumaan.

Vastaavanlaisten suurten rakenteiden suunnittelussa tulisi huomioida mahdollisen kaatumisen aiheuttamat riskit. Uusien laitosten suunnittelussa ja vanhojen laitosten mittavien peruskorjausten yhteydessä kriittiset putkilinjat tulisi mahdollisuuksien mukaan sijoittaa vaara-alueen ulkopuolelle.

Lähteet

1. Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun hätäkeskuksen hälytysseoste
2. Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun hätäkeskuksen onnettomuusseoste
3. Terästehtaan oma selvitys
4. Muistio puhelin/sähköpostikeskusteluista sekä terästehtaan että TUKESin asiantuntijoiden kanssa