

Oletko nähnyt liekin piipun päässä?

Eero Heikkilä, FinnPri Oy

Soihutkaasujärjestelmillä voidaan häiriötilanteissa polttaa haitalliset prosessikaasut. Mitä tämä tarkoittaa?

Liekissä palavien hiilivetyjen ja muiden kaasujen määrä tulee mitata mahdollisimman tarkasti päästövaatimusten, tuotantokaasujen menetyksen ja laitoksen massabalanssin vuoksi. Kaasu saattaa sisältää takertuvia kiintoaineita, syövyttäviä kondensoituvia kaasuja kuten rikkivetyä, koostumus voi vaihdella vedystä raskaisiin hiilivetyihin, nopeusmuutokset saattavat olla pulssittaisia 0,03 m/s - >80 m/s, paine alipaineesta ylipaineeseen, lämpötila -200 °C - +200 °C. Tässä artikkelissa käsitellään soihutkaasujen massavirtamittausta ulträänen avulla.

Soihtu

Soihutkaasujärjestelmiä on kemian, petrokemian, jalostamoiden ja muiden prosessien laitoksissa. Soihdun ensisijainen tarkoitus on polttaa häiriön seurauksena prosessista lyhyessä ajassa poistettavat kaasut eli toimia laitoksen "kaasuviemärinä". Äkillisessä laitoksen alasajotilanteessa saattaa kaasun virtausnopeus nousta lukemiin 80–100 m/s. Prosessin toimiessa normaalisti on laitoksen eri osista vuotavien kaasujen virtausnopeus n. 0,03–0,3 m/s. Vaikka virtausnopeus on pieni, siitä koituu vuositasolla metrin tai kahden metrin halkaisijaisessa soihutulijassa merkittävä päästö. Ks. Kuva 1.

Virtausmittari

Soihutkaasujen mittaukseen on käytetty mm. keskiarvottavia Pitot-putkia, termisiä massamittareita jne. Ensimmäinen ny-

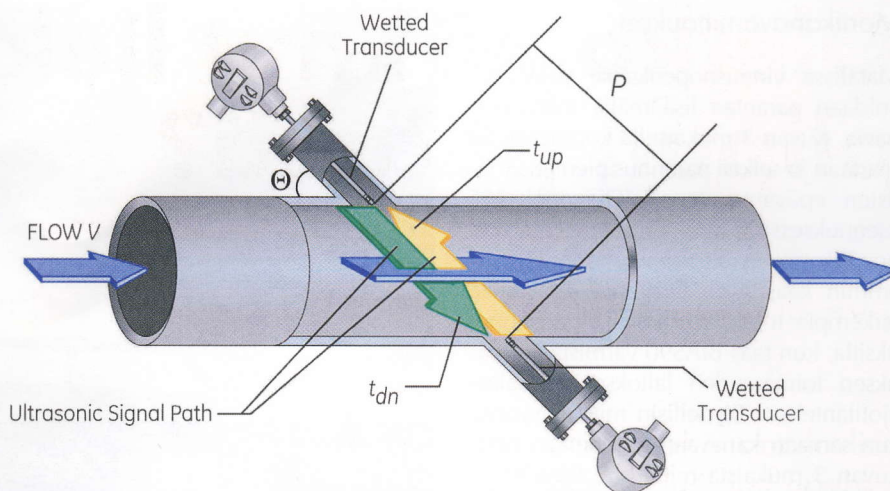


Kuva 1. Piipun päässä palava soihtu

kyisten mittareiden kaltainen ulträänellä toimiva soihutkaasumittari asennettiin Exxonin (nykyisin ExxonMobil) laitoksille Teksasiin 1982. Soihutkaasuja on mitattu onnistuneesti myös putken pinnalta

"CLAMP ON", mutta yleispätevät soihutkaasumittaukset, joita on yli 3000 kpl, ovat "märkämittauksia", kuva 2. Ulträänemittari on kaiken aikaa kasvattanut suosiotaan laajan mittausalueensa

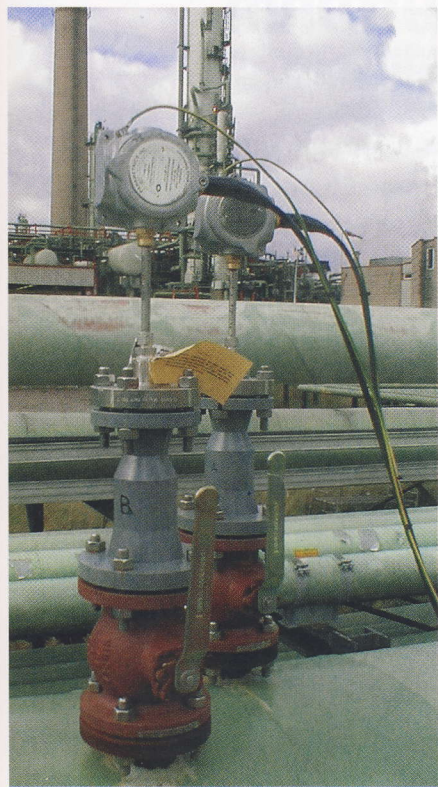
(4000:1), molekyylipainon määrittämisessä, kohtuullisten asennuskustannustensa ja pienten huoltokustannustensa ansiosta. Mittarit laskevat virtausnopeuden myötävirtaan (t_{dn}) ja vastavirtaan (t_{up}) lähetettyjen äänipulssien "lentoaikojen" erotuksesta (Δt), kuva 2. Äänen nopeudesta, paineesta ja lämpötilasta lasketaan keskimääräinen molekyylipaino. Putken dimensioiden ja molekyylipainosta lasketun tiheyden avulla päästään kaasun massavirtaan. Keskimääräinen molekyylipaino antaa arvokasta tietoa uusista vuotokohdista prosessissa. Molekyylipainoa voidaan myös käyttää soihutjärjestelmään ajettavan höyrymäärän minimointiin; mitä raskaampia hiilivetyjä poltetaan, sitä enemmän tarvitaan höyryä täydelliseen palamiseen. Mikäli höyryä on liian vähän, savu on sakean mustaa.



Kuva 2, Soihutkaasujen mittauksessa käytetyn ultraäänivirtausmittarin toimintaperiaate "time of flight", tai "transit time". "Märkämittaus", anturit ovat kosketuksessa mitattavaan väliaineeseen.

Suuret virtausnopeudet

Viimeisimpiä parannuksia mittariin on maksiminopeuden kasvattaminen nopeudesta 80–90 m/s nopeuteen 120 m/s. Korkeilla nopeuksilla 80 m/s–20 m/s lähetetyn ultraäänipulssin signaalikohinasuhde (SNR) heikkenee lähetetyn äänikeilan taipumisen, kasvaneen kohinan ja voi-



Kuva 3, Antureiden asennus 45° kulmassa putken läpi (Diagonal 45) ja BIAS90-asennus, anturit rinnakkain.

makkaista pyörteistä heijastuvan äänen vuoksi. Marraskuussa 2008 tutkittiin virtauslaboratoriossa (GE Global Research Center, NY) GF868 soihutkaasumittarin toimintaa ilmalla suurilla nopeuksilla. Vertailumittarina käytettiin Venturia, jonka epävarmuus oli 1–2 % lukemasta, nopeusalueesta riippuen. Kokeissa anturit oli asennettu putken läpi 45° kulmassa ja ns. BIAS90 asennuksena, Kuva 3. Lopputulemana oli ero NIST-jäljitettävään vertailumittariin, molemmilla antureiden asennuksilla 2 %, alueella 31,2 m/s–123,7 m/s.

Matalat virtausnopeudet

Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja jopa Aasiassa on herännyt kiinnostus parantaa petrokemian päästömittausten tarkkuutta myös pienillä (0,03 m/s–0,3 m/s) virtauksilla. Tarkkaa yhteistä epävarmuusvaatimusta ei ole, mutta jonkinlaisena yleisenä arvona voidaan pitää +/- 20 % ja tulevaisuuden tavoitteena 5 %. Pienilläkin virtausnopeuksilla voidaan aiheuttaa merkittäviä vuotuisia päästöjä suurissa putkissa.

Epäsymmetrinen virtaus

Pienissä nopeuksissa lämpötilaero putken alaosan ja yläosan välillä aiheuttaa putken poikkipinnan suuntaisen kiertovirtauksen. Lisäksi eripainoiset kaasut saattavat kerrostua putkessa, vety putken yläosaan ja raskaimmat hiilivedyt putken pohjalle. Kiertovirtaukset ja kerrostuminen voivat olla pienissä nopeuksissa samaa luokkaa kuin itse soihutuun menevä putken aksiaalivirtaus. Ilmiö on voitu to-

deta käytännössä mm. Teksasissa, USA:ssa 23.09.2004–30.09.2004 vertaamalla samaan putkeen (halk. 60 ") eri tavalla asennettujen antureiden nopeuslukemia, asennus kuten kuvassa 3, BIA90 anturit asennettuina rinnakkain putken päälle ja "Diagonal 45" anturit pystytasoon, toinen anturi putken alaosaan ja toinen yläosaan. BIAS90 antaa vain putken suuntaisen nopeuden, kun taas konvektion aiheuttama kiertovirtaus vaikuttaa voimakkaasti "Diagonal 45" antureiden lukemaan. Vuorokautinen nopeusvaihtelu BIAS90-asennuksella oli 0,15 m/s ja -0,3 - +0,3 m/s "Diagonal 45" mittauksessa. Kun samalle aikajanelle otettiin ulkolämpötilan vaihtelu, "Diagonal 45" nopeushuiput ajoittuivat samaan hetkeen vuorokauden ulkoilman huippujen kanssa. Ulkoilman lämpötilavaihtelu oli noin +16 °C - +32 °C. Kiertovirtaus on todennettu myös tietokonemallinnuksella.

Tarkkuus/resoluutio matalissa virtausnopeuksissa

Resoluutio perustuu ajan ja etäisyyden mittaamiseen. BIAS90-asennuksessa antureiden välinen etäisyys on 329 mm ja putken suuntainen mitta on 233 mm. Soihutkaasulla, jonka äänennopeus jollain kaasun koostumuksella olisi 410 m/s, mittauksen resoluutio on 10 ns, joka nopeudeksi muutettuna on 0,0036 m/s. Tällöin 0,3 m/s virtauksella epätarkkuus olisi n. 1,2 % ja 0,03 m/s virtaukselle 12 %. Korkeammilla virtausnopeuksilla mittauksen resoluutio on n. 50 ns, joka nopeudeksi muutettuna vastaa noin 0,018 m/s.

Monikanavamittaukset

Matalissa virtausnopeuksissa tarkkuutta voidaan parantaa lisäämällä mittauskanavia. Kuvan 3 mukaisella konstruktiolla saadaan jo selkeä parannus pienien virtausten epävarmuuteen. "Diagonal 45" asennuksessa antureiden välinen etäisyys on pidempi ja ultraäänipulssi "ui" kauemmin kaasussa. "Diagonal 45" antaa tarkempia tuloksia pienillä virtausnopeuksilla, kun taas BIAS90 varmistaa mittauksen toimivuuden laitoksen hätäalasajotilanteissa. Täydellisin mittaus syntyy, kun samaan kanavaan asennetaan kaksi kuvan 3 mukaista mittausta, BIAS90 ylhäältä sekä alhaalta ja "Diagonal 45" molemmille sivuille, esim. puolen säteen etäisyydelle putken seinästä, tai putken halkaisijan läpi (kuva 4). Nelikanavaisella mittauksella, riittävillä suorilla osuilla (20xD yläjuoksulle ja 10xD alajuoksulle), voidaan saavuttaa 5 %:n epävarmuus myös pienillä virtausnopeuksilla.

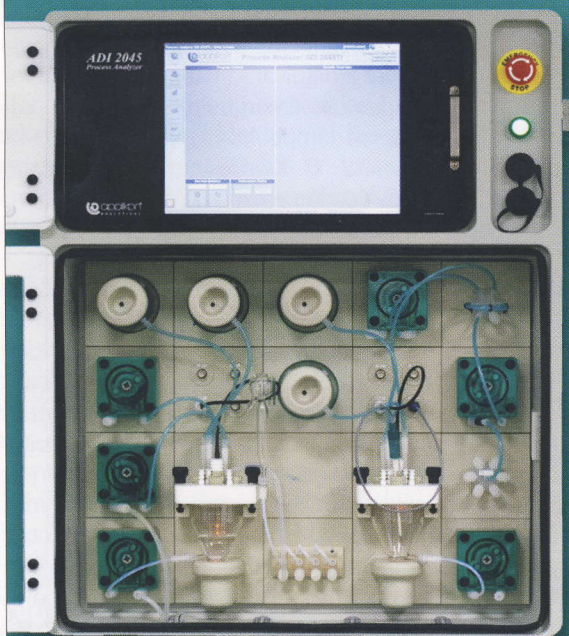


Kuva 4, Neljä mittauskanavaa samassa putkessa 2 x BIAS90 ja 2 x "Diagonal 45"

Vain ultraäänimittari kykenee tähän

Millään muulla periaatteella toimivalla virtausmittarilla ei voida toteuttaa kaikkia soih-tukaasumittauksen vaatimuksia samanaikaisesti. ■

Esittelemme uuden ADI 2045TI on-line analysaattorin, joka mahdollistaa jopa neljän analyysin teon samanaikaisesti.



 **Metrohm**
Applikon

Tervetuloa tutustumaan uuteen analysaattoriimme ChemBio -messuille Helsingin messukeskukseen 22-24.3. 2011, osastollemme 6 F 80!

Tarjoamme on-line analysaattoreita potentiometriin titrauksiin, vesipitoisuusanalyysiin, kolorimetriin, pH-, redox-, COD, TOC, BOD mittauksiin, voltammetriaan ja ionikromatografiaan.

Toimitamme analysaattorien lisäksi myös räätälöityjä näytteen esikäsittelykokonaisuuksia asiakkaillemme.

Lisätietoja:
www.applikon.com, www.metrohm.fi
Lisätietoja analysaattorista:
mail@metrohm.fi, puh. 010 778 6800