



Pinnan tasolta

# Katsaus kiintoaineiden pintakytkimiin

**Automaatiotason nosto prosessissa lisää mittauksen ja valvonnan tarvetta.**

**Mittaustekniikan artikkelisarjan tämänkertainen aihe käsittelee kiintoaineen ja irtomateriaalin pinnanmittausta.**

**M**itä on kiintoaine / irtomateriaali? Tässä yhteydessä niillä tarkoitetaan kiinteässä olomuodossa olevia aineita, joita voidaan siirtää erityyppisillä kuljettimilla tai siirtolaitteilla prosessissa kohteesta toiseen.

Kiintoaineen käsittelyprosessi alkaa yleensä suurista kappaleista, joita murskataan ja pienennetään kunnes ne sopivat jatkokäsittelyyn tai lopputuotteen valmistukseen. Toisinaan taas prosessi on käänteinen, jolloin sen lopputuotteenä on jauhe, granulaatti, rae tai pelletti.

Esimerkiksi paperin ja sellun teko alkaa tukeista, jotka ensin kuoritaan, haketetaan ja siirretään sitten massan valmistukseen. Tukista sellukeittimeen on pitkä prosessi, jossa materiaalin siirtoa ja sen määrää valvotaan ja ohjataan mm. pintakytkinten avulla.

Kiintoaine / irtomateriaali voi vaihdella laadultaan ja ominaisuuksiltaan todella paljon. Kunkin teollisuuden kiintoaineilla on tyypilliset ominaisuutensa, jotka täytyy tietää ja huomioida pintakytkimiä valittaessa. Kaivos-, rakennusaine-, lannoite- ja terästeollisuudessa käsitellään kovia, painavia, likaavia ja pöliseviä materiaaleja järeillä laitteilla. Mittalaitteiden mekaaninen kestävyys sekä ympäristöolosuhteiden että mitattavan aineen suhteen on sovitettava kohteen vaatimuksia vastaavaksi.

**Täyttöainetta koskettavia mittaustapoja**

Yksinkertaisimpia pintakytkimiä ovat ns. kallistuskytkimet ja kalvokytkimet. Niissä täyttömateriaalin paine siirtää tunnistinta

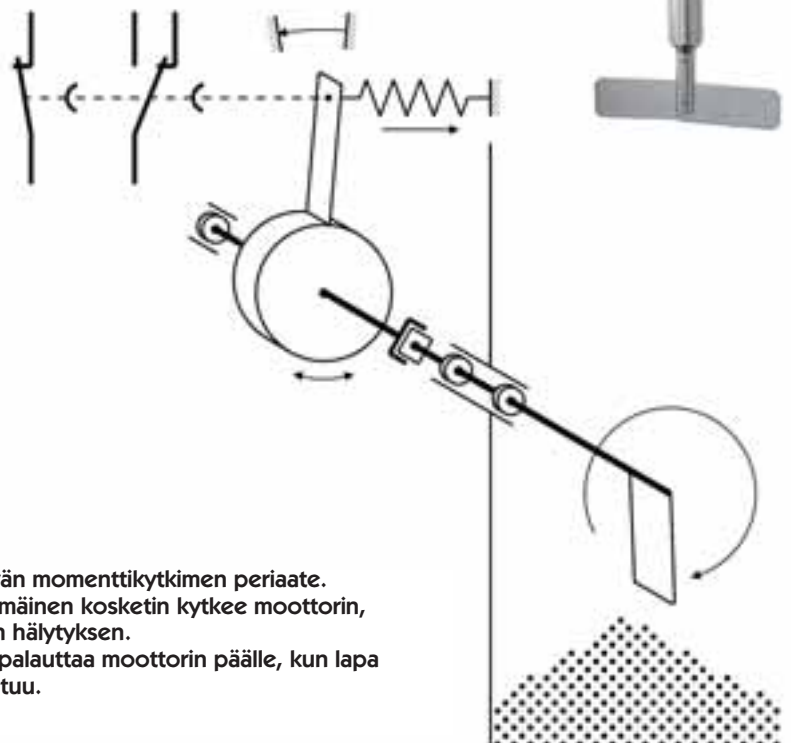
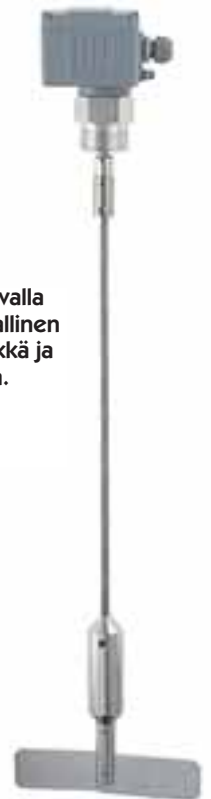
tai kalvoa aikaansaaden kytkennän. Nykyisin niitä käytetään lähinnä ruuhkien häilyksiin.

**Pyörivät momenttikytkimet**

Näiden kytkimien toiminta perustuu momenttiin, jonka täyttöaine aiheuttaa estäessään hitaasti pyörivän mittaustavan liikkeen. Lapa pyörittävä moottori kytkeytyy pois päältä samalla kuin "peittynyt" tieto kytkeytyy päälle. Vastajousi kytkee tilatiedon "tyhjä" -asentoon ja moottorin päälle, kun lapa vapautuu täyttömateriaalista.

Tämän mekaanisen kytkintyyppin päivien piti olla luetut jo pari vuosikymmentä sitten. Toisin on kuitenkin käynyt. Laitteet ovat pitäneet hyvin asemansa etunaan yksinkertainen ja varma toiminta, etenkin tukosvahtina ja ylärajana. Hyvinä ominaisuuksina voi mainita myös korkeiden lämpötilojen keston (jopa +350 °C) sekä soveltuvuuden pölymäisten, jauhemaisien ja rakeisten aineiden pinnanvalvontaan.

**Suurella tunnistinlavalla varustettu vajjerimallinen pintakytkin on herkkä ja joustaa tarvittaessa.**



**Pyörivän momenttikytkimen periaate. Ensimmäinen kosketin kytkee moottorin, toinen häilytyksen. Jousi palauttaa moottorin päälle, kun lapa vapautuu.**

## Värähtelypintakytkimet

Värähtelypintakytkimissä ei ole pyöriviä osia. Anturielementtinä toimii värähtelevä sauva, putki tai haarukka. Värähtely aikaansaadaan tavallisesti pietsoelementeillä. Anturin toinen pietsoelementti mittaa värähtelyn amplitudia. "Ääniraudan" resonanssitaajuus on luokkaa 200...450 Hz. Maksimaalinen resonanssi pyritään keskitämään tunnistimen kärkeen, jotta sen tyveen tarttuva materiaali ei aiheuttaisi vääriä kytkentäjä. Anturin peittyessä täyttömateriaaliin värähtelyn amplitudi pienenee ja laite kytkee "peittyneen"-tilan päälle. Kun anturi vapautuu, äänirauta lähtee taas "soimaan" ja laite vaihtaa kytkentätilansa..

Haarukkamallinen tunnistin kehitettiin 1970-luvulla Saksassa korvaamaan pyöriä pintarajoja.

Tietyillä materiaaleilla haarukkaan lukkiutuva materiaali saattaa aiheuttaa väärän kytkennän. Ongelman ratkaisemiseksi kehitettiin sauvamainen värähtelyelementti. Hienoilla jauhoilla kyseisen sauvatunnistimen päälle jäävä "kakku" saattoi kuitenkin estää ääniraudan soimisen ja ongelma oli sama kuin haarukkamallissakin. Ratkaisuna tähän rakennettiin sauva, jossa oli niin voimakas resonanssi, että se varisti itsensä puhtaaksi. Tämä ratkaisu toimii hyvin raskeilla täyttöaineilla, mutta jos täyttöaine on kevyttä ja tiivistyvää, saattaa voimakas resonanssi kaivaa itselleen värähtelyyn riittävän tilan peittyneenäkin.



Värähtelykytkimen rakenteen ja toiminnan optimoinnissa haetaan toisaalta suurta herkkyyttä keveillä aineilla (esim. leseet ja styroxraakeet) ja toisaalta tarttuman sietoa (esim. sementti). Näitä ominaisuuksia on haettu kuvassa esitetyllä salmiakkimuodolla värähtelysauvassa. Värähtely tapahtuu sivusuunnassa. Iso pinta-ala lisää herkkyyttä. Leikkaava muoto sauvassa pienentää sauvan päälle syntyvän tarttuman määrää.

### Kapasitiivinen pintakytkin, RF-pintakytkin, admittanssipintakytkin

Kytkimen toiminta perustuu kondensaattorin kapasitanssin mittaamiseen. Yksinkertaistetun levykondensaattorin kaavan mukaan:

$$C = \frac{\epsilon_r \times A}{s}$$

Värähtelykytkimien edut:

- ei liikkuvia (pyöriviä) osia
  - ei huoltotarvetta
  - ei viritystarvetta
  - riippumaton täyttöaineen sähköisistä ominaisuuksista
- Hyviä sovelluskohteita
- jauheet
  - vilja
  - granulaatit
  - kuivat pelletit ja rakeet

Soveltamista vältettävä, jos

- tunnistimeen on mahdollista syntyä paksuja tai märkiä tarttumuksia
- tukkeumariski on mahdollista (haarukkamallit, kun raekoko suuri)
- anturiin kohdistuu mekaanista kulutusta, vääntöä tai iskuja

C = kapasitanssi

$\epsilon_r$  = levyjen välisen aineen suhteellinen dielektrisyysvakio

A = kondensaattorilevyjen pinta-ala

s = levyjen välinen etäisyys



Mikroaaltopintakytkin tukosvahtina kuljettimien risteyspisteessä jätteenpolttolaitoksessa.



**moretec.fi**  
puh. 03 4334000 fax. 03 4335000

COM-serverit  
digit. I/O <> TCP/IP  
analog. I/O <> TCP/IP  
RS232 <> TCP/IP  
lähietäisyysmodeemit  
virtasilmukamuuntimet  
galvaaniset erottimet  
RS232/RS422/RS485/20mA  
muuntimet sekä PCI- ja ISA-kortit  
optisen kuidun muuntimet  
kytkimet

**W&T**  
Wiesemann & Theis / Germany

Pinnanmittauksessa kondensaattori muodostetaan tavallisimmin metallisen anturisauvan tai -vaijerin ja täyttöainesäiliön metalliseinämän välille. Kun elektrodien (anturi ja seinämä) välinen etäisyys ja pinta-ala pysyvät vakiona, jää ainoaksi muuttujaksi säiliön täyttömateriaali ja sen dielektrisyys.

Ilman (tyhjän) dielektrisyysvakio on 1 ja kaikilla muilla aineilla se on suurempi aineominaisuuden luku. Pohjakapasitanssi mittaukseen tulee siis ilmalla täytetyille kondensaattorille. Tätä voidaan soveltaa pinnanmittaukseen nimenomaan tyhjälle mittaukskohteelle. Kun täyttöaine tulee elektrodien välille, mittaustahtiin kapasitanssi muuttuu.

Kapasitanssimuutoksen muuntaminen pintakytkintä ohjaavaksi lähäväiestiksi voidaan tehdä esim. syötämällä suuritaajuinen (ns. RF-) jännite elektrodien välille ja mittaamalla vaihtovirta, joka kulkee kondensaattorin läpi. Anturipiirin kapasitanssi voidaan myös ottaa osaksi suurtaajuus-oskillaattoriin, jolloin oskillointitaajuus muuttuu ka-



**Mika Peltoperä Jyvästek Oy:stä suorittamassa admittanssipintakytkimen käyttöönottoa lentotuhkasiilon päällä. Kytkimellä estetään tuhkasiilon ylitäyttö.**

pasitanssin (pinnankorkeuden) mukaan. Tässä menetelmässä voidaan viritys tehdä numeerisesti ja kytkentäpisteen pysyvyys on hyvä.

Irtomateriaalien pinnanvalvontasoveluksissa kapasitiivisen periaatteen eduksi voidaan lukea mm. se, että anturint voidaan rakentaa kestäviksi. Ne voivat olla sauva-, vaijeri- tai lautasmaisia soveltuen sekä yläettä alarajakohteisiin. Kytkimessä ei ole liikkuvia osia ja ne kestävät sekä korkeita paineita että korkeita lämpötiloja.

Mittausperiaatteen fysikaalisista ominaisuuksista johtuen stabiili toiminta edellyttää, että mitattavan aineen dielektrisyysvakio ei saa muuttua. Kiinteillä aineilla näin saattaa hyvinkin käydä, koska esim. pienikin määrä kosteutta kuivassa jauhe- maisessa aineessa vaikuttaa voimakkaasti dielektrisyysvakioon. Samoin se, miten jauhe pakkautuu. Anturin tyveen tarttuva märkä materiaali on myös potentiaalinen ongelman lähde, mikäli anturina ei käytetä ns. aktiivisella suoja-elektrodilla varustettua anturirakennetta.

Soveltaminen kohteisiin, joissa on voimakasta tarttumaa ja / tai hyvin kevyttä (= alhainen dielektrisyys) ainetta edellyttää erikoisanturin käyttöä. Anturin asentamista pieneen (ahtaaseen) kohteeseen tai pitkään putkiyhteeseen kannattaa välttää.

## Täyttöainetta koskettamattomia pintakytkimiä

### Ultraäänipintakytkimet

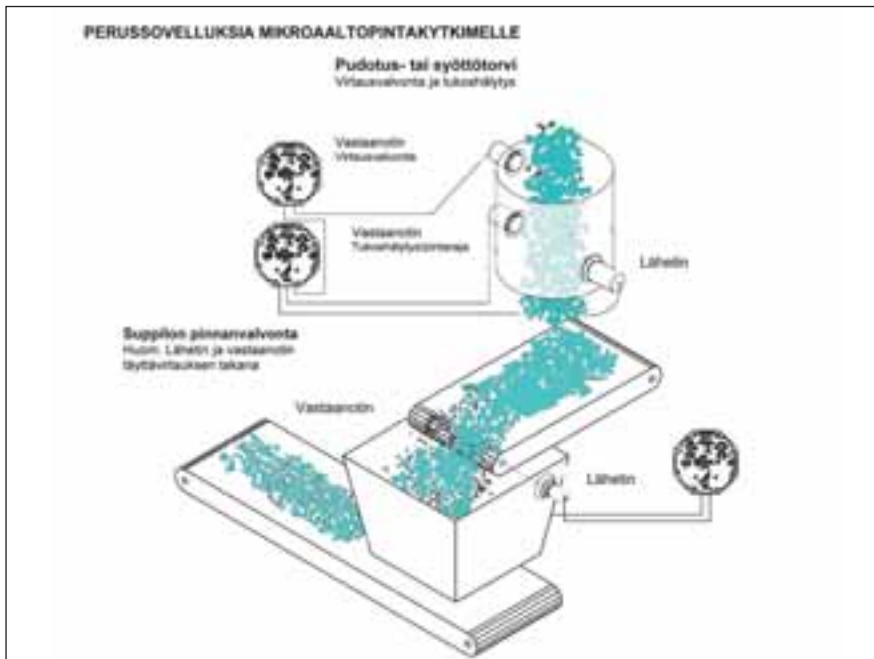
Ultraääniperiaatteen suurin etu on kosketusettomuus. Tällä perusteella se on varteenotettava vaihtoehto pintakytkimeksi kohteissa, joissa mitattava aine on kuluttavaa, isoja lohkaraita tai partikkeleja sisältävää.

Hyvää on myös se, että oikealla anturimitoituksella voidaan toteuttaa yhtä anturiasennusta käyttämällä useita kytkintöimintoja. Näin toteutuksesta tulee kokonaiskustannuksiltaan edullisempi kuin usean kiinteän rajan toteutuksessa esim. kapasitiivisilla kytkimillä.

Etuna voi myös pitää sitä, että kytkentä-



Ultraäänipintakytkin ohjaa ja hälyttää hiilivaraston täytymisestä. Kun käytetään riittävän tehokasta anturia, voidaan se sijoittaa vaikka 10-15 m päähän tunnistettavasta yläpinnasta; edellyttäen, että mitaustielle ei ole merkittäviä häiriölähteitä.



## Mikroaaltopintakytkimen tyypillisiä sovelluskohteita.

pisteiden paikkoja voi säätää portaattomasti ja numeerisesti.

Mitoituksessa on huomioitava mm. käyttöolosuhteet, mitattava aineen laatu sekä mittausanturin sokeva alue (maksimi-kytkentäpisteen yläpuolelle jäätävä riittävästi tyhjää tilaa).

Korkealla mittaustaajuudella, (yli 30 kHz) toimivat laitteet ovat herkempiä ympäristöstä tuleville häiriöille, pölylle, vesihöyrylle ja likaantumiselle kuin matalataajuiset (äänitaajuuksilla toimivat).

## Mikroaaltopari

Mikroaaltopintakytkin toimii ns. lähetin-vastaanotinrakenteena. Kyseiset komponentit asennetaan mittauskohteen vastakkaisille puolille. Lähetin lähettää mikroaalto-signaalia ja vastaanotin viritetään tunnistamaan tätä signaalia. Kun täyttömateriaali tulee mitaustielle, signaali katkeaa ohjaten ulostulon vastaanottimessa peittyneen-tilaan.

Mikroallot ovat sähkömagneettista energiaa, joka läpäisee pienin häviöin sumua, höyryä ja pölyä sekä eristäviä rakenteita kuten kuivaa puuta tai tiiltä, muoveja ja lasia. Ne eivät kuitenkaan läpäise metalliseinämiä. Energiatasot ovat pienemmät kuin esim. matkapuhelimissa, joten laitteen käyttö ei ole luvanvaraista.

Mikroaaltopintakytkimien edut tulevat esiin kohteissa, jossa pinnanvalvonta on toteutettava kohteen sivulta siten, että materiaali virtauksessa ei ole sitä häiritsevää anturia tai tunnistinta.

Mikroaalto-kytkintä käytetään tyypillisesti karkean ja kuluttavan kiintoaineen pinnan/ tukosvalvontaan syöttösuppiloissa, murskaimissa, syklonissa ja pudotustorvissa.

## Radioaktiivinen pintakytkin

Radioaktiivinen pintakytkin on rakenteellisesti sama kuin mikroaaltopari. Toiminta perustuu radioaktiivisen isotoopin käyt-

töön. Lähetys on lyhytaaltoista gammasäteilyä, joka pystyy läpäisemään metallejakin. Lähettimenä käytetään koboltti-isotooppia  $^{60}\text{Co}$  tai Cesium isotooppia  $^{137}\text{Cs}$ , joiden puoliintumisajat ovat n. 5,3 ja 32 vuotta. Isotooppi on asennettuna säteilysuojukseen ja kohteen vastakkaisella puolella säteilyn ilmaisimena käytetään joko geiger-muller-putkea, ionisaatiokammioita tai tukeilmaisinta. Täyttöaine säteilytiellä pienentää annostehoa ilmaisimella, joka ohjaa peittyneen tilan päälle.

Radioaktiivinen pintakytkin on toimintavarma ja luotettava pinnanmittausmenetelmä, koska se mittaa kokonaan kohteen ulkopuolelta. Mittauskohteen sisällä vallitsevat olosuhteet eivät heikennä sen toimintaa, kun säteilylähde on oikein mitoitettu..

Radioaktiivisten preparaattien käyttö on luvanvaraista. Laitteiden oikea käyttö ei ole turvallisuusriski. Ongelmaksi voi muodostua on preparaattien pitkäikäisyys. Ne ovat ongelmajätettä, josta on huolehdittava lain edellyttämällä tavalla senkin jälkeen kun ne (tai koko laitos) poistetaan käytöstä. ■

Lisätietoja: toimitus@automaatioavayla.fi

- Tarkistuslistaa kiintoaineen pintakytkimen hankinnassa
- Aineominaisuudet
- Tilavuuspaino (Bulk -tiheys)
  - Raekoko
  - Kuluttavuus
  - Likaavuus/tarttumata
- Mittausolot
- Lämpötila
  - Paine
  - Täyttötapa
  - ATEX/ Ex -luokitus
  - Anturin sijoitusmahdollisuudet
- Toiminta
- tukosvahti
  - yläraja
  - alaraja / tilausraja