

Ako si vybrať vhodný prístroj na meranie vlhkosti a rosného bodu (1)

Článok si kladie za cieľ oboznámiť čitateľa so základmi problematiky profesionálneho merania vlhkosti, rosného bodu, resp. ostatných, príbuzných veličín. Vysvetľuje rozdiely medzi používanými spôsobmi ich merania, uvádza zásady správnej montáže meracích sond, odporúča kritériá vedúce k správemu výberu vhodného meracieho zariadenia na danú aplikáciu a zároveň uvádza konkrétne prístroje od fínskej firmy VAISALA.

Základné pojmy

Veličiny používané na opis vlhkosti:

- Parciálny tlak vodnej pary (p_w)
- Relatívna vlhkosť (RH)
- Teplota rosného bodu (T_d)
- Teplota zámrazného bodu (T_f)
- Absolútna vlhkosť (a)
- Merná vlhkosť (x)
- Teplota vlhkého teplomera (T_w)
- ppm (parts per million)
- Rovnovážna relatívna vlhkosť (ERH)
- Aktivita vody (a_w)
- Entalpia (h)

Výraz „obsah vlhkosti“ sa zväčša týka pevných a kvapalných látok. Nie je to však kvantitatívny výraz, ak sa aplikuje na plyn.

Parciálny tlak vodnej pary (p_w)

Tlak vytvorený vodnou parou nachádzajúcou sa vo vzduchu alebo v plyne.

Tlak nasýtenej vodnej pary (p_{ws})

Maximálny tlak, aký môže vodná para vytvoriť pri danej teplote. Čím vyššia je teplota, tým viac vodnej pary je vzduch schopný absorbovať.



Obr.1 Snímač na meranie relatívnej vlhkosti Vaisala HUMICAP®

Relatívna vlhkosť (RH)

Je to pomer parciálneho tlaku vodnej pary (p_w) a tlaku nasýtenej vodnej pary (p_{ws}) pri danej teplote. Uvádza sa v percentách:

$$\% RH = 100 \% \cdot (p_w/p_{ws})$$

RH je silne teplotne závislá. Napríklad pri ohriatí vzduchu o 20 °C sa jeho kapacita absorbovať vodnú paru zvýši približne na dvojnásobok, t. j. RH klesne na polovicu. Tlak má tiež veľký vplyv na RH. Na

príklad ak stlačíme izotermický plyn na desatinu objemu, bude jeho tlak 10-krát vyšší, a ak bola jeho pôvodná RH menšia ako 10 %, dôjde k jej 10-násobnému zvýšeniu.

Teplota rosného bodu (T_d)

Predstavuje teplotu, pri ktorej sú pary vo vzduchu pri izobarickom ochladzovaní nasýtené, dochádza ku kondenzácii a vytvára sa rosa. Pri 100 % RH je teda teplota okolia zároveň aj T_d . Čím je teda zápornejšia hodnota rosného bodu voči okolitej teplote, tým je riziko kondenzovania vody nižšie a tým je daný plyn suchší. Rosný bod nie je teplotne závislý, závisí však od tlaku.

Teplota zámrazného bodu (T_f)

Ak je teplota rosného bodu pod bodom mrazu, tak sa niekedy používa termín zámrazný bod. T_f je vždy mierne vyššia ako T_d , ak je pod 0 °C, keďže p_{ws} ľadu a vody sú odlišné.

Absolútna vlhkosť (a)

Absolútna vlhkosť predstavuje množstvo vody v jednotkovom objeme vlhkého vzduchu pri danej teplote a tlaku. Zvyčajne sa udáva v gramoch na kubický meter vzduchu. Niekedy sa nesprávne zamieňa s mernou vlhkosťou x .

Merná vlhkosť (x)

Merná vlhkosť je pomer množstva vodnej pary a množstva suchého plynu. Nemá rozmer, ale často sa udáva v gramoch na jeden kilogram suchého vzduchu. Používa sa hlavne pri sušiacich procesoch alebo ventilačných systémoch na výpočet obsahu vody, ak je známy hmotnostný prietok vzduchu.

Teplota vlhkého teplomera (T_w)

Tradične predstavuje teplotu indikovanú teplomerom zabalenom vo vlhkom tampóne. Ak poznáme T_w a teplotu okolia, možno vypočítať relatívnu vlhkosť alebo rosný bod. Tiež je to možné s použitím tabuliek a grafov.

Parts per million (ppm)

Údaj v ppm sa používa na vyjadrenie pomeru vodnej pary a suchého vzduchu alebo celkového (vlhkého) vzduchu. Používa sa pri nízkych hodnotách vlhkosti a udáva sa v objemových alebo váhových množstvách.

Rovnovážna relatívna vlhkosť (ERH)

ERH je hodnota relatívnej vlhkosti vzduchu obklopujúceho hmotu v stave, keď už nedochádza k výmene vlhkosti medzi vzduchom a touto hmotou.

Aktivita vody (a_w)

Aktivita vody je podobná ako ERH, avšak udáva sa od 0 do 1, namiesto od 0 do 100 %.

Entalpia (h)

Entalpia predstavuje množstvo energie potrebnej na privedenie plynu zo stavu suchého plynu pri 0 °C do jeho súčasného stavu. Najčastejšie sa používa pri výpočtoch v klimatizácii. Niektoré zariadenia



Obr.2 Prevodník vlhkosti a teploty Vaisala HUMICAP® z rodiny HMT330 pre náročné priemyselné aplikácie



Obr.3 Prevodník vlhkosti a teploty v oleji Vaisala HUMICAP®, rad MMT330

ponúkajú po rozšírení príslušným modulom prepočet aj na iné ako štandardné veľkosti vlhkosti.

Kritickou časťou každého meracieho zariadenia je snímač. Vaisala vyvinula a vyrába rôzne druhy snímačov.

- HUMICAP® – relatívna vlhkosť
- DRYCAP® – nízky rosný bod
- DEWCAP® – merania rosného bodu s vysokou presnosťou

Nároky na snímač

Rozsah

Väčšina snímačov relatívnej vlhkosti Vaisala pracuje v rámci celého rozsahu RH od 0 do 100 %. Výber snímača preto závisí od aplikácie a pracovnej teploty, obzvlášť pri extrémoch vo vlhkosti (viac ako 90 % RH a menej ako 10 % RH).

Presnosť

Tento pojem sa často zneužíva a v mnohých dátových listoch sa uvádzajú nereálne tvrdenia. Dôležité vlastnosti súvisiace s presnosťou sú:

- linearita v rámci celého pracovného rozsahu,
- hysterézia a opakovateľnosť,
- stabilita v rámci istého časového úseku,
- teplotná závislosť snímača.

Reakčný čas

Predstavuje rýchlosť reakcie snímača po vystavení prudkej zmene vlhkosti. Ovlivňujúcimi faktormi sú teplota, prúdenie vzduchu a typ osadeného filtra.

Chemická odolnosť

Určité agresívne chemické látky vo vzduchu môžu hlavu sondy alebo snímač poškodiť. Zopár príkladov koncentrácií, ktoré môžu mať vplyv na snímač:

- organické rozpúšťadlá – 1 000 až 10 000 ppm,
- korozívne činidlá (silné kyseliny) – 1 až 10 ppm,
- slabé kyseliny – 100 až 1 000 ppm,
- zásady – 10 000 až 100 000 ppm.

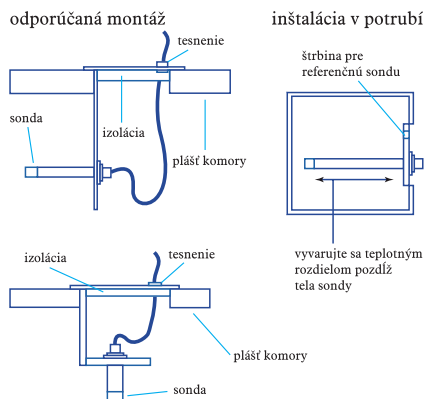
Niektoré prístroje sú vybavené funkciou čistenia od chemikálií. Snímač sa cielene ohreje a tým dôjde k odstráneniu chemikálií, ktoré sa mohli za určité obdobie v snímači nahromadiť.

Výber vhodného zariadenia

Keďže nemožno jedným typom zariadenia pokryť celý rozsah aplikácií, treba zohľadniť nasledujúce faktory:

Umiestnenie

Treba zvoliť také miesto merania, ktoré dáva verný obraz o danom prostredí. Pri teplotách nad 60 °C by mala byť elektrika prevodníka inštalovaná mimo pro-



neodporúča sa v prípade rizika kondenzácie

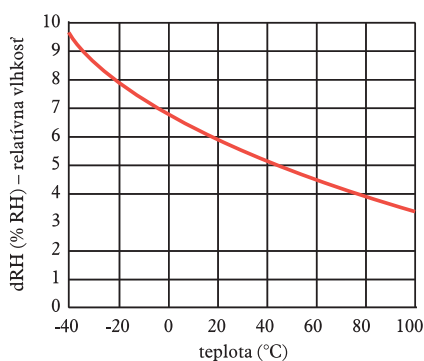
Obr.4 Montážne usporiadanie

cesu a na mieste merania sa umiestni hlava sondy vhodná do prostredia s vysokou teplotou.

Teplotné rozdiely

Pri montáži hlavy sondy do procesu sa treba vyvarovať teplotným rozdielom pozdĺž tela sondy. Ak je veľký teplotný rozdiel medzi hlavou sondy a vonkajším prostredím, mala by sa celá sonda umiestniť do procesu a prechod kábla sondy by sa mal vhodne zaizolovať. Ak dochádza ku kondenzovaniu, mala by byť sonda namontovaná horizontálne, aby sa zabránilo stekaniu, resp. kvapkaniu vody pozdĺž sondy alebo kábla, pretože by mohol presakovať fileť (obr. 4).

V okolí hlavy sondy by mala byť umožnená cirkulácia vzduchu, čím sa dosiahne, že snímač aj proces budú mať rovnakú teplotu. Pri 20 °C s 50 % RH spôsobí rozdiel teplôt 1 °C medzi snímačom a meraným prostredím chybu 3 % RH. Pri 90 % RH by bola chyba 6 % RH (obr. 5).



Obr.5 Chyba merania pre 100 % RH, ak je rozdiel medzi vonkajšou teplotou a teplotou snímača 1 °C

Prostredie s vlhkosťou >90 % RH

Pri 90 % RH môže rozdiel teplôt už len 2 °C spôsobiť kondenzovanie vody na snímači. V nevetranom priestore to môže spôsobiť, že ho bude nutné vysušovať rádovo hodiny. Na rozdiel od mnohých iných technológií snímače Vaisala majú schopnosť zotavenia sa. Ak je voda kontaminovaná, môže to ovplyvniť presnosť

pre usadzovanie sa solí na snímači a životnosť snímača sa tak môže skrátiť. Pri aplikáciách s veľkou vlhkosťou alebo tam, kde môže dôjsť ku kondenzovaniu, by sa mala použiť sonda s vyhrievanou hlavou snímača a mal by byť použitý prevodník vlhkosti a teploty Vaisala HUMICAP® HMT337.

Prostredie s vlhkosťou <10 % RH

Pre nízke vlhkosti nemusí byť presnosť sondy RH dostačujúca, takže meranie rosného bodu poskytne lepšie určenie vlhkosti. V systémoch s tlakovým vzduchom môže v prípade poruchy sušiča dôjsť ku kondenzovaniu vody, ktorá môže niektoré snímače rosného bodu vyrobené inou technológiou poškodiť alebo zničiť. Snímače Vaisala DRYCAP® merajú rosný bod, ale znesú aj vysokú vlhkosť. Kombinácia autokalibrácie so snímačom DRYCAP® zaručuje presné meranie pri nízkych vlhkosťach. Navyše táto technológia ponúka výbornú dlhodobú stabilitu.

Extrémny teploty a tlaku

- **Teplota.** Vysoké alebo nízke teploty môžu časom narušiť materiál snímača alebo hlavy sondy, takže z hľadiska zníženia nákladov na údržbu je výber vhodného prístroja dôležitý. Všetky snímače sú teplotne závislé. Preto je zabudovaná teplotná kompenzácia dôležitá z hľadiska zmenšenia chýb spôsobených veľkými teplotnými výkyvmi alebo prevádzkou v extrémnych teplotách.
- **Tlak a vákuum.** Ak proces prebieha približne pri atmosférickom tlaku, možno malú netesnosť tolerovať, prípadne ju zmenšiť utesnením v okolí sondy alebo kábla. Ak je však potrebné, aby bol proces izolovaný, alebo ak je medzi procesom a vonkajším prostredím veľký tlakový rozdiel, treba použiť vhodne namontovanú sondu s utesnenou hlavou. Tlaková netesnosť na mieste vsunutia sondy zmení lokálnu vlhkosť, čím dôjde ku skresleniu merania. Pri tlakových vedeniach s malým priemerom možno použiť vzorkovaciu komoru. V mnohých aplikáciách sa odporúča oddeliť sondu od procesu pomocou guľového ventilu, takže počas údržby možno sondu vybrať bez prerušenia procesu.

Pokračovanie v budúcom čísle.



D-Ex Limited spol. s r. o.

Pražská 11, 811 04 Bratislava
Tel.: 02/57 29 72 97
Fax: 02/57 29 74 24
e-mail: info@dex.sk
http://www.dex.sk

27