

Fyzikálne princípy snímania koncentrácie zložiek drevného plynu

Drevný plyn

Drevný plyn je plyn, ktorý vzniká splyňovaním dreveného materiálu. Podstatou splyňovania je premena uhlíkových materiálov pri teplotách nad 800 °C na horľavé plynné látky, a to prívodom podstechiometrického množstva vzduchu alebo iného oxidovadla, čím dochádza k premene materiálov na plynné produkty. Pre zloženie dreveného plynu sú charakteristické najmä nasledovné zložky: CO, CO₂, O₂, N₂, H₂, CH₄. Pre ďalšie spracovanie dreveného plynu napríklad na pohon spalovacieho motora v kogeneračných jednotkách je dôležitá jeho kvalita, predovšetkým čo najvyššie zastúpenie spáliteľných prvkov.

Chemické senzory

Princípy chemických senzorov môžeme podľa vzájomného pôsobenia senzora a meranej látky rozdeliť do týchto skupín:

- fyzikálny princíp – vzájomné pôsobenie meranej látky a senzora je čisto kinetické, nedochádza teda k chemickým zmenám analyzovanej látky. Najväčšími nevýhodami týchto senzorov sú zlá selektivita a vplyv okolitého prostredia (teploty a tlaku). Ich výhodou je krátka časová konštanta.
- fyzikálno-chemický princíp – dochádza tu k vzájomnému pôsobeniu látky a povrchu senzora, čo vedie k chemickej zmene molekúl. V priebehu chemickej reakcie sa meria určitá fyzikálna veličina, ktorá je mierou koncentrácie látky. Môže ísť o teplotu, parciálny tlak, vodivosť a pod. Výhodou je vysoká selektivita, nevýhodou dlhšie dopravné oneskorenie a časová konštanta.
- Optický a optoelektronický princíp – je založený na vzájomnom pôsobení medzi absorbujúcim elektromagnetickým vlnením a molekulami meranej látky. Pri tomto princípe sa dosahuje najvyššia miera selektivity.

Chemické senzory vhodné na meranie koncentrácií zložiek dreveného plynu

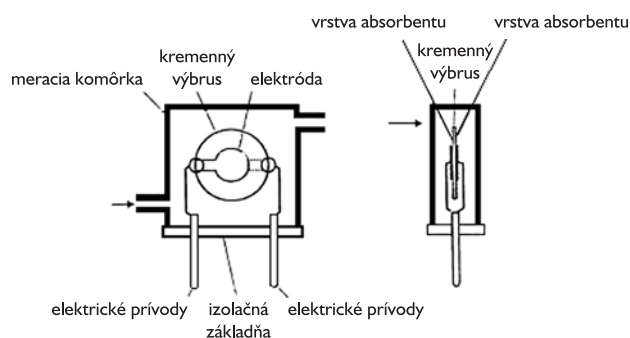
Drevný plyn sa vyznačuje pomerne vysokým percentuálnym zastúpením jednotlivých prvkov. Typické chemické zloženie dreveného plynu je takéto: 50 % N₂, 21 % CO, 14 % H₂, 12 % CO₂, 3 % H₂. Spomenuté objemové koncentrácie sú závislé od absolútnej vlhkosti splyňovaného materiálu. Túto skutočnosť treba zohľadniť pri výbere vhodného princípu senzora, ktorým majú byť koncentrácie daných prvkov merané.

Rezonančné piezoelektrické senzory zložiek plynu

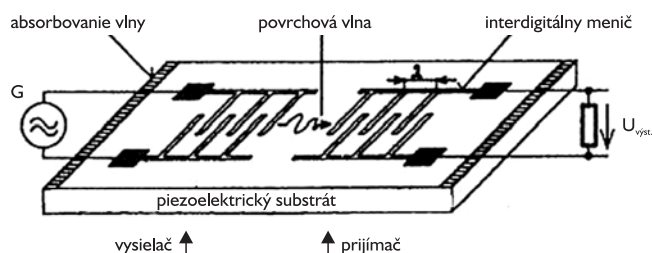
Ide o fyzikálny princíp merania určitej zložky plynu. Existujú dva princípy využitia piezoelektrického javu na analýzu. V prvom rade, ako je znázornené na obr. 1, je to piezoelektrický element zapojený v oscilátore. Povrch piezoelektrika je opatrený chemicky citlivou adsorpčnou vrstvou. Pri adsorpcii plynu dochádza k nárastu hmotnosti senzora a tým i k zmene frekvencie jeho kmitania podľa vzťahu:

$$\Delta f = 2,3 \cdot 10^6 f^2 \frac{\Delta m}{S} \quad (1)$$

kde Δm je nárast hmoty,
 S – plocha adsorpčnej vrstvy.



Obr.1 Meracie usporiadanie piezoelektrického senzora

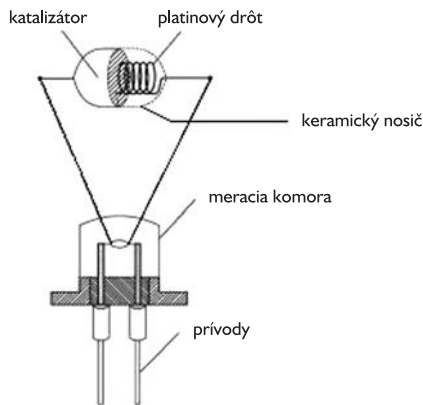


Obr.2 Princíp senzora s povrchovou akustickou vlnou

Druhým spôsobom aplikácie piezoelektrického javu je princíp chemického senzora využívajúci oneskorovacie vedenie PAV. Jedna dráha povrchovej vlny je aktívna. Adsorbované molekuly plynu menia hmotnosť a konduktivitu špeciálnej adsorpčnej vrstvy na piezoelektrickom substráte. Obe uvedené fyzikálne veličiny spôsobujú zmenu oneskorenia akustickej vlny a tým aj fázový posun. Uzatvorením spätných väzieb cez zosilňovače dochádza k voľným osciláciám a zmeny fázového posuvu potom zodpovedajú koncentracii meraného plynu. Tento princíp je znázornený na obr. 2.

Termokatalytické senzory

Termokatalytické senzory patria k najpoužívanejším senzorom na fyzikálno-chemickom princípe. Ide v podstate o istý druh kalorimetrického senzora, pričom hodnota koncentrácie plynu sa meria na základe množstva tepla, ktoré sa uvoľní pri riadenej spalovacej reakcii. Reakcia je podporovaná vhodnou teplotou a prítomnosťou katalyzátora. Pretože spaľovacia reakcia nastáva na senzore s katalytickým účinným povrchom, nazýva sa táto metóda metódou katalytického spaľovania. Výhodne sa katalytické spaľovanie používa v detektoroch a analyzátoroch pri meraní koncentrácie horľavých plynov a pár vo vzduchu. V meracej komore analyzátoru je umiestnené elektricky žeravené teliesko s katalytickým účinným povrchom, na ktorom prebieha spaľovacia reakcia meranej látky. Teplo, ktoré sa uvoľní pri spaľovaní, spôsobí nárast teploty meracieho telieska, ktorý sa obvykle vyhodnocuje ako zmena elektrického odporu. Meracie teliesko máva obyčajne tvar perličky. Na meranie teploty senzora je najvhodnejší platinový odporový teplomer. Umožňuje totiž, aby platinové vinutie fungovalo ako mechanický nosný prvok, ako výhrevný prvok i ako teplomer. Vinutie z platinového drôtku je zapuzdrené vo vnútri keramickej perličky, na ktorej povrchu



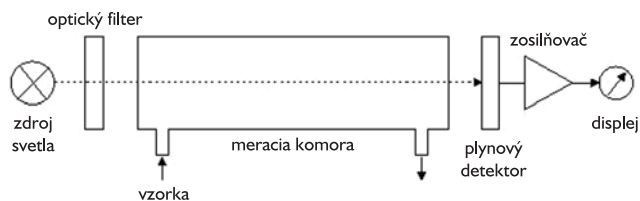
Obr.3 Pelistorový senzor

je nanesený katalyzátor (obr. 3). Pracovná teplota sa pohybuje okolo 500 °C.

Optické a optoelektronické chemické senzory

Interakcia (vzájomné pôsobenie) elektromagnetického žiarenia v optickom spektrálnom rozsahu s molekulami plynu je závislá od molekulovej štruktúry. Ak sa molekuly plynu vystavia elektromagnetickému žiareniu, sú stimulované absorbovanou energiou. Dôsledkom toho je vytvorenie charakteristických absorpčných pásiem. Všetky heteroatómové molekuly, ako oxid uhličitý (CO₂), oxid uhoľnatý (CO), oxid siričitý (SO₂) a oxid dusnatý (NO) majú charakteristické absorpčné spektrum v infračervenom pásme.

Najjednoduchšiu konfiguráciu absorpčného fotometra možno opísať takto: pomocou optického filtra sa generuje svetlo v špecifickom vlnovom rozsahu, ktoré prechádza cez meraciu komoru s prúdiacim plynom. Časť svetla absorbujú molekuly meranej znečisťujúcej látky. Výsledné zoslabenie intenzity svetla je mierou koncentrácie znečisťujúcej látky. Po prechode cez meraciu komoru svetlo dosiahne plynový detektor, ktorý je pripojený k systému spracovania elektrického signálu. V tejto jednoduchšej zostave môže aj najmenšia zmena svetelnej emisie a citlivosti prijímača viesť k neprijateľne vysokým chybám. Meracia zostava, ktorá eliminuje tieto chyby, využíva buď systém na periodickú korekciu nulového bodu, alebo porovnávací štandard vo forme druhého porovnávacieho filtra (bi-frekvenčná metóda), alebo referenčný plyn (metóda plynovej korelácie). Tento porovnávací štandard môže byť buď časovo posunutý (t. j. s opačnou fázou) pri zavedení filtra do svetlovodu, alebo môže byť zostrojený ako paralelný svetlovod (fotometer s dvojítm lúčom).



Obr.4 Princíp optického senzora

Praktická aplikácia senzorov

Meranie koncentrácie spáliteľných zložiek dreveného plynu plánujeme prakticky využiť pri kogeneračnej jednotke, ktorá je v súčasnosti vo vývoji vo firme PHS strojárne, a. s., Hliník nad Hronom.



Obr.5 Vytváraná kogeneračná jednotka CNG-30

Záver

Princípov, na základe ktorých pracujú jednotlivé senzory plynu, je veľké množstvo. Väčšinou sú senzory konštruované priamo na meranie koncentrácie zložiek jednotlivých technických plynov. V článku sme sa snažili priblížiť najpoužívanejšie princípy senzorov použiteľných na meranie koncentrácií spáliteľných zložiek dreveného plynu. Pri analýze chemického zloženia dreveného plynu sú na senzory kladené vysoké požiadavky – najmä na ich schopnosť merania vysokých koncentrácií zložiek, selektivitu senzora vzhľadom na jednotlivé zložky, opakovateľnosť merania a možnosť kontinuálneho snímania (procesnej analýzy). Zo spomenutých princípov týmto požiadavkám najmenej vyhovuje pelistorový senzor, najmä čo sa týka jeho nízkej selektivity. Pri aplikácii optických senzorov je najväčšou prekážkou znečistenie snímacej optiky dechtovými prvkami, ktoré drevený plyn obsahuje vo zvýšenej miere. V súčasnosti sú síce v ponuke senzory, ktoré zaručujú funkčnosť pri miere znečistenia optiky až do 90 %, ale i v takom prípade treba na tomto type snímača často vykonávať servisné zásahy. Táto nevýhoda je však vyvážená vysokou selektivitou metódy. Meranie jednotlivých zložiek závisí iba od použitého optického filtra. Výbornú selektivitu dosahujú aj senzory na rezonančnom princípe, tie sú však svojou konštrukciou určené na meranie koncentrácií jednej chemickej látky.

Ing. Ján Adamec
prof. Ing. Jozef Šuriansky, CSc.

Technická univerzita vo Zvolene
Fakulta environmentálnej a výrobných techník
katedra informatiky a automatizačnej techniky
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolene
e-mail: jano.adamec@gmail.com

54