

Vysoké teploty nejsou překážkou

V petrochemickém průmyslu nejsou žádnou zvláštností procesy probíhající při velkých tlacích a při teplotách až 300 °C i vyšších. Z důvodu extrémních provozních podmínek se v této i jiných oblastech chemického průmyslu stále často používají převážně standardní mechanické měřicí metody spolu s tradičními měřicími principy, jako je např. měření průtoku průřezovými měřidly a měření výšky hladiny v nádobách hydrostatickou metodou nebo na principu vyrovnání sil (vztlaku). V současné době však provozovatelé těchto procesů již nejsou odkázáni jen na klasickou měřicí techniku. Díky postupnému vývoji nacházejí nyní v extrémních provozních podmínkách uplatnění i moderní provozní přístroje jako Coriolisovy hmotnostní průtokoměry, vírové průtokoměry, radarové hladinoměry atd. Článek o tom stručně, na příkladech přístrojů od firmy Endress+Hauser referuje.

Potřeba inovací

V petrochemických a podobných výrobních provozech se k měření důležitých technologických veličin, jako jsou např. poloha hladiny, průtok a tlak, dosud používají tradiční, často i ryze mechanické měřicí principy. Provozovatelé výrobních zařízení přitom mají zájem měřit co nejvíce typů měřených veličin při použití co možná nejmenší variety měřicích systémů. Jako příklad lze uvést převodníky rozdílu tlaků, které se používají jak k vlastnímu měření tlaku, tak při měření průtoku a výšky hladiny. Dále jsou zde otázky údržby měřicích přístrojů a růst požadavků na hodnověrnost měření. Standardně používané mechanické přístroje, jako např. vztlkové a plovákové hladinoměry nebo průtokoměry s oválnými koly, sice fungují zcela transparentně, ale při provozu se velmi opotřebovávají, a tudíž jsou náročné na údržbu. Současně s tím jsou jejich převodní charakteristiky, a proto i naměřené hodnoty, značně závislé na hustotě a teplotě měřeného média.

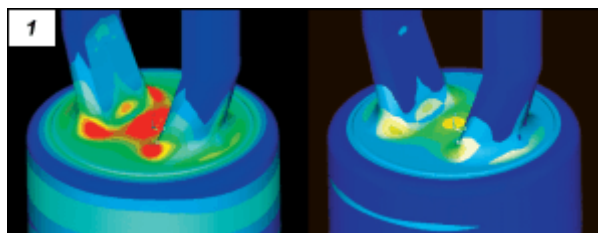
Výzva ke zdokonalování snímačů

Mají-li být moderní měřicí přístroje již osvědčené v jiných oblastech, jako např. Coriolisovy hmotnostní průtokoměry, vírové průtokoměry, převodníky tlaku, vibrační hladinové spínače a radarové převodníky polohy hladiny, včetně reflektometrických (*Time Domain Reflectometry* – TDR), co nejdříve použitelné i v oblasti vysokých teplot a velkých tlaků, je třeba je neustále zdokonalovat s cílem vhodně přizpůsobit příslušná čidla, snímače a měřicí převodníky. Podmínkou úspěchu přitom jsou důkladné technické znalosti a zkušenosti v mnoha odborných disciplínách: začíná se zpravidla výběrem vhodných materiálů pro čidla bezprostředně vystavená působení měřených médií a pokračuje se např. optimalizací vlastností kapalin s malou teplotní roztažností pro zprostředkování přenosu tlaku atd. až po návrh způsobu provedení elektrických spojů. Celou situaci lze chápat jako výzvu k dalšímu zdokonalování provozních přístrojů, přičemž cílem je zajistit jejich spolehlivou činnost i při extrémních provozních podmínkách, především vysokých teplotách a tlacích.

Průtokoměry: moderní versus klasické

Moderní průtokoměr využívající Coriolisův princip měří vedle hmotnostního průtoku současně i další charakteristické veličiny jako hustotu, teplotu, koncentraci, viskozitu a proteklé množství média. Takto rozmanité údaje nelze např. se samotnými běžnými Venturiho sondami nebo clonovými měřidly vůbec získat. Při přímém cenovém porovnání Coriolisových průtokoměrů a klasických metod měření objemového průtoku je tudíž třeba brát v úvahu i význam, který má pro řízení procesu znalost hodnot těchto doplňkových veličin. Coriolisovy průtokoměry pro vysoké teploty jsou nyní k dispozici v kompaktním provedení (DN25/50/80) pro média s teplotou až 350 °C. Spolehlivou a bezpečnou činnost přístroje v těchto podmínkách umožňují např. měřicí trubice ze slitiny C-22 a teplotní distanční vložka mezi čidlem a elektronickými obvody přístroje.

Obr. 1. Počítačová simulace namáhání vidlice vibračního hladinoměru Liquiphant S při optimalizaci meze pružnosti materiálu (metoda konečných prvků, ocel Duplex, teplota od -60 do +280 °C; zdroj: Endress+Hauser)



Snímače pre vysoké teploty – snímače pre vysoké tlaky - meranie od Endress+Hauser – meracie prístroje
:: hladinoměry :: prietokoměry :: tlakoměry :: teploměry :: sondy :: snímače :: detektory :: elektródy :: analyzátory

Naproti tomu stěžejní částí moderních vírových průtokoměrů použitelných s médii o teplotě až 400 °C jsou kapacitní senzory typu DSC (*Differential Switched Capacitance*). Základním materiálem těchto senzorů je korozivzdorná ocel. Neobsahují tedy, na rozdíl od senzorů s piezoelektrickými krystaly, žádné díly citlivé na teplo. Pro předzesilovač, umístěný poblíž vlastního senzoru, se používají vybrané součástky, které mohou pracovat při teplotě až 125 °C. S vysokými teplotami a současně velkými tlaky se lze setkat zejména při měření průtoku páry. Pro tato měřicí místa se vyrábějí díly senzoru přicházející do styku s médiem a vysokým tlakem ze slitiny Inconel, původem z kosmonautiky. Vedle objemového průtoku měří vírové průtokoměry s integrovaným čidlem teploty také hmotnostní průtok a normovaný objemový průtok.

Speciální systémy pro měření tlaku

Ve snímačích tlaku nebo rozdílu tlaků slouží k přenosu tlaku z média k vlastnímu čidlu snímače speciální oleje s velmi malou teplotnou roztažností, vhodné pro vysoké teploty. Protože při teplotách dosahujících až 350 °C je často kritickým místem těsnění, jsou tyto snímače jako celek svařeny. Materiály přicházející do styku s měřeným médiem přitom splňují všechny požadavky na odolnost proti korozi, a to včetně mezikrystalové koroze s následnými vnitřními pnutími, vedoucími až k náhlé ztrátě pevnosti kovů (v důsledku působení např. sirovodíku obsaženého v zemním plynu). Pro měření průtoku při vysokých teplotách média se používají systémy měřící rozdíly tlaků, které jsou vyrobeny ze speciálních materiálů, např. 15 Mo3, v podobě kompaktního celku odolného proti působení pracovního tlaku média a kompletně připraveného k zabudování do potrubí.

Vibrační hladinové spínače

Vibrační princip indikace polohy hladiny se prosadil téměř ve všech průmyslových odvětvích. S cílem umožnit trvalý provoz vibračních hladinoměru při teplotě média až 280 °C byly v jejich konstrukci zaznamenány zejména tyto úpravy:

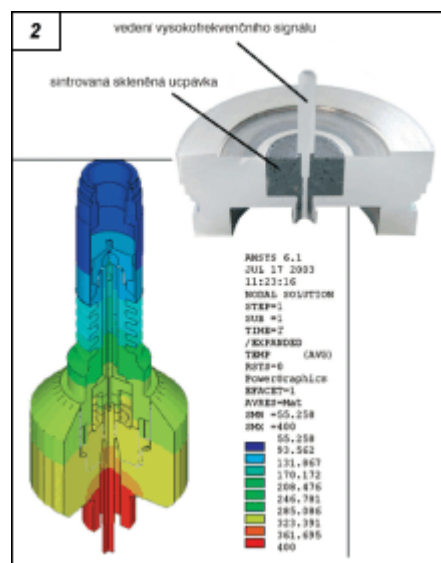
- k buzení vibrující vidlice je použit speciální piezoelektrický materiál se zatavenými přívodními vodiči,
- velmi vhodným materiálem na vibrující vidlice vystavené teplotě až 280 °C a tlaku až 6,4 MPa je ocel typu Duplex s velkou mechanickou odolností a malým součinitelem roztažnosti (*obr. 1*),
- nezbytný odstup elektroniky měřeného média zajišťuje teplotní distanční díl, jehož celá vnitřní trubka je provedena jako hermeticky uzavřený prostor.

S radarem do provozu

Bezkontaktní radarová technika se vyznačuje především nezávislostí na podmínkách existujících v nádrži. S volně vyzařovanými elektromagnetickými vlnami lze v současnosti spojitě měřit polohu hladiny kapalin v rozsahu teplot od -60 do +400 °C při tlacích 0 až 16 MPa. Vysokofrekvenční vazební díl varianty radarového snímače pro vysoké teploty je vyroben z keramiky (Al_2O_3) a utěsněn v anténě grafitovou ucpávkou. Ostatní díly snímače jsou vyrobeny z velmi kvalitní oceli.

Obr. 2. Prostorové (3D) znázornění výsledku simulačního výpočtu teplotního namáhání hlavice reflektometrického hladinoměru Levelflex M (podmínky: teplota a tlak v nádrži 400 °C/40 MPa, teplota okolí 42,4 °C, bez tepelné izolace mezi snímačem a nádrží; zdroj: Endress+Hauser)

Druhou používanou variantou radaru je kontaktní reflektometrický radar, který ke spojitému měření polohy hladiny kapalin využívá elektromagnetické impulsy šířící se podélně vodící tyčí nebo lanem zčásti smáčenými měřenou kapalinou. Reflektometrické (TDR) radary jsou v současné době použitelné při tlacích v nádrži až 40 MPa a teplotách média od -60 do +400 °C (*obr. 2*). Reflektometrické radarové hladinoměry s tyčovou sondou se velmi dobře uplatní právě v



Snímače pre vysoké teploty – snímače pre vysoké tlaky - meranie od Endress+Hauser – meracie prístroje
:: hladinoměry :: prietokoměry :: tlakoměry :: teploměry :: sondy :: snímače :: detektory :: elektródy :: analyzátory

chemii a petrochemii, kde se často měří poloha hladiny produktů v různých komorách a nádržích. Nevyžadují totiž téměř žádnou údržbu a jsou zárukou spolehlivého měření až po samotnou horní mez přípustného naplnění nádrže.

Poloha hladiny zcela neinvazivně

Při měření polohy hladiny v případech, které se vyznačují mimořádně vysokými teplotami a tlaky či jinými překážkami bránícími připojení dosud popisované invazivní měřicí techniky, má hlavní uplatnění radiometrie. Radioizotopové zdroje záření gama se používají pro snímání výšky hladiny vždy, když jiné metody měření, byť ve speciálním provedení např. pro vysoké teploty, nezaručují dostatečně spolehlivé měření. Radioizotopový měřicí systém zjišťuje polohu hladiny zvnějšku přes stěnu nádrže, tj. bez jakéhokoliv kontaktu s měřeným médiem či vnitřním prostředím v nádrži.

Speciální termočlánky

Termoelektrické články pro vysoké teploty mají kovovou nebo keramickou ochrannou jímku, jež jim zaručuje přiměřenou dobu provozního života i v extrémních provozních podmínkách. Kovové jímky se vyrábějí, podle potřebné teplotní odolnosti, ze speciálních slitin nebo z ocelí řady AISI 310, AISI 446 nebo z materiálu Inconel 600 (až do 1 100 °C). Při teplotách nad 1 100 °C a u médií obsahujících plyny, kterými by mohly být termočlánky kontaminovány, se používají keramické jímky (KER530, KER610, KER710). Jímka termočlánků jednak vhodně chrání a jednak dovoluje bez přerušení technologického procesu ověřovat stav měřicí vložky, popř. ji měnit. Existující provozní převodníky (vysílače) teploty s redundantními signálovými vstupy umožňují termoelektrické články zálohovat a zaručují nepřetržitou dostupnost údaje o teplotě, bez ohledu na případnou poruchu jednotlivého termočlánku.

Obr. 3. Firma Endress+Hauser nabízí úplný sortiment moderních provozních převodníků základních technologických veličin vhodných k použití při vysokých teplotách a tlacích



Redundantní utěsnění procesu

Místa pro instalaci průtokoměrů, tlakoměrů, hladinoměrů, teploměrů apod. jsou při práci s médiem o vysokých teplotách a tlacích zpravidla opatřena redundantním těsněním, které brání úniku média při poruše základního těsnění. Jako příklady lze uvést plynotěsné a tlakotěsné kabelové průchodky nebo přidavné ochranné jímky. Při použití moderních provozních přístrojů je potřebný počet vstupů do technologického zařízení obvykle menší a instalace jednodušší než u tradičních přístrojů.

Závěr

Pro sledování všech důležitých veličin v chemických a petrochemických provozech jsou nyní k dispozici již moderní přístroje, které lze použít i při vysokém tlaku a teplotě měřených médií (obr. 3). Vedle technických a bezpečnostních hledisek mají při rozhodování mezi klasickými a moderními měřicími přístroji stále větší význam hospodářské faktory. Moderní, technicky špičkové a současně již provozně osvědčené principy měření poskytují výrazné cenové výhody nejenom při pořizování vhodných přístrojů, ale zejména v běžném provozu. Je tomu tak díky větší hodnověrnosti naměřených údajů, větší bezpečnosti a podstatně jednodušší, méně časté, a tím i levnější údržbě.

Wolfgang Lubcke,
Endress+Hauser Group