

# Thermische flowmeters anno 2013

## Door innovaties naar een hoger plan

In vrijwel elk proces wordt de flow van vloeistoffen en gassen gemeten. Dat kan zijn om een proces te regelen, meestal op basis van massastromen, voor bewaking, maar ook voor afrekeningsdoeleinden. Er zijn vele soorten flowmeters en het is niet zo dat er maar één de beste doorstromingsmeter is. Het is de applicatie die bepaalt welke meettechnieken in aanmerking komen en ook dan nog zijn er keuzes te maken als het gaat om welk fabricaat en welk model. Met name voor gasapplicaties is thermisch een te overwegen meettechniek.

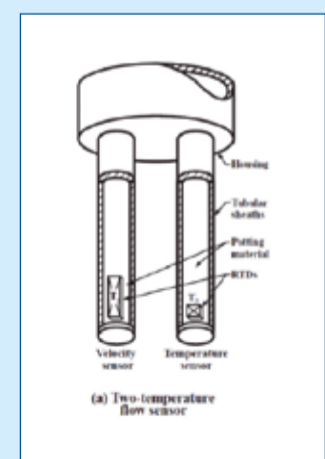
De thermische flowmeter is een debietmeter die gebaseerd is op de afkoeling van een warm element door het erlangs stromende medium. Hoe sterker de stroming, des te sterker de afkoeling. Uiteindelijk zijn het de gasmoleculen die warmte in de vorm van kinetische energie meenemen. Met name daarom kun je zeggen dat het hier gaat om een massaflowmeter. Het is wel zo dat de thermische eigenschappen van gassen onderling verschillen, dus voor een nauwkeurige meting is het wenselijk om het instrument te kalibreren met het medium dat gemeten gaat worden.

Thermische flowmeters worden vooral voor gasflowmetingen ingezet. Er zijn evenwel ook instrumenten ontwikkeld voor vloeistoffen, doorgaans voor kleine hoeveelhedsmetingen. De thermische meettechniek wordt voorts veelvuldig toegepast in flowschakelaars, zowel voor vloeistoffen als gassen.

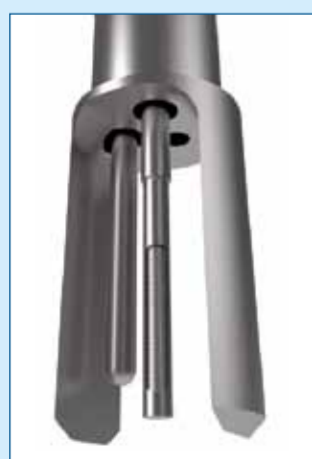
### Gassen

Er zijn vele meetprincipes te gebruiken voor gasflowmetingen. Maar, als het gaat om hele kleine flows zijn thermische gasmassaflowmeters bijna monopolistisch. Voor die kleine debieten wordt een bypass-concept toegepast (zie kader).

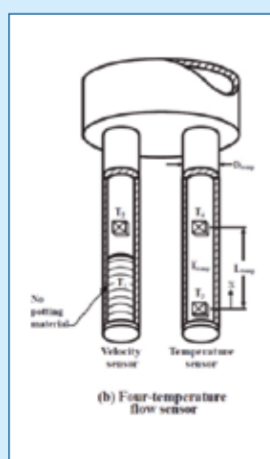
Voor grotere debieten is een zogenaamde immersion thermische flowmeter (ook wel full bore genoemd) opportuun. Dit instrument heeft een sensor die bestaat uit 2 individuele temperatuurgevoelige RTD's (temperatuurgevoelige weerstanden) die in metalen beschermhuisjes (thermowells) zijn geplaatst (zie figuur 1). Eén van de sensoren meet de temperatuur van het gas en de andere wordt door het toevoegen van elektrische energie op een constant temperatuurverschil  $\Delta T$  gehouden ten opzichte van de temperatuur van het gas.



Figuur 1. De opbouw van de thermische flowmeter.



Figuur 2. De flowmeter heeft aerodynamische vormen gekregen.



Figuur 3. Met twee extra sensoren kan ook de heatloss bepaald worden.



Omdat de sensor warm is, kan het ook afkoelen. Indien er meer gas voorbij stroomt, is de afkoeling sterker. De elektronica zorgt er evenwel voor dat de  $\Delta T$  op peil blijft. Thermische flowmeters kunnen zijn uitgevoerd als een insteekmodel, vooral voor grotere leidingen, of als in-line flowmeters. In dit verband is het goed om op te merken dat een insteek-flowmeter een puntmeter is waarbij de gas(massa)snelheid op één plaats gemeten wordt. Teneinde een

insteekflowmeter een nauwkeurige meetwaarde te laten presenteren, is het van belang het instrument te plaatsen met voldoende rechte aan- en uitstroo lengtes. Zijn die niet beschikbaar, dan zal iets aan flowconditionering gedaan moeten worden of men zal moeten accepteren dat de flowmeter minder nauwkeurig is. De in-line flowmeters kunnen voorzien zijn van geïntegreerde flowconditionering. In een dergelijk geval kan het instrument met heel beperkte rechte aan- en uitstroo lengtes ingebouwd worden.

### Waarom thermische gasmassaflowmeters?

In de voorgaande vraagstelling is al een belangrijk gedeelte van het antwoord verborgen. Thermische gasflowmeters meten de gasmassaflow. Om dat goed te kunnen plaatsen, is het wellicht van belang om ook even naar andere meettechnieken te kijken. Niet perse om andere opties uit te sluiten, maar voor gasflowmetingen komen naast thermische debietmeters ook in aanmerking:

- Verschuldruk flowmeters
- Vortexmeters
- Turbinemeters
- Rotormeters
- Ultrasonische flowmeters
- Coriolis-flowmeters

Voor wie niet echt bekend is met al deze meettechnieken, zijn er voldoende achtergrondverhalen te vinden om goed te vergelijken te kunnen maken (bijvoorbeeld op [www.flowmeters.nl](http://www.flowmeters.nl)). Binnen het kader van dit verhaal laten we dan ook de bespreking hiervan achterwege.

Uiteraard zijn er ook nog VA-meters en allerlei andere mechanische flowmeters en voor bepaalde applicaties wordt gegrepen naar specifiek voor dat doel ontwikkelde meetinstrumenten. Behalve voor Coriolis- en thermische flowmeters is het noodzakelijk dat tevens druk en temperatuur wordt gemeten en de diverse meetwaarden in een flowcomputer worden verwerkt, teneinde tot de massaflow te komen. Dit resulteert in meer apparatuur, meer procesaansluitingen,

meer bekabeling, meer voedingen en extra ruimte in panelen voor de flowcomputer. Thermische flowmeters daarentegen hebben deze extra compensaties niet nodig. Dit type doorstromingsmeter meet de massaflow direct, hetgeen sterk kostenbesparend is. Het instrument heeft geen bewegende delen en een verwaarloosbare (insteekmodel) of zeer beperkte drukval (in-line uitvoering met ingebouwde flowconditionering). Al met al is de totale cost of ownership laag.

Een thermische gasmassaflowmeter is natuurlijk niet de oplossing voor elke applicatie. De belangrijkste beperkingen zijn de onnauwkeurigheid die ergens tussen 0,5 en 2 % van meetwaarde ligt en het feit dat het instrument een mediumafhankelijk meetprincipe omvat. Voor relatief eenvoudige applicaties, waar een redelijke nauwkeurigheid en een goede reproduceerbaarheid belangrijke criteria zijn, is de thermische flowmeter een interessante optie. Te denken valt aan perslucht, blanketinggassen, drooglucht, verbrandingslucht, koolzuur, stikstof, argon, waterstof, beluchting van afvalwater, maar ook biogas, etc.

### Innovaties 2013

Hoewel de thermische meettechniek al vele decennia oud is, zijn er enkele bijzondere innovaties te vinden in de QuadraTherm van Sierra Instruments, de laatste generatie thermische flowmeters van deze firma en die als voorbeeld voor dit verhaal gebruikt wordt.

**Innovatie 1:** Deze is misschien niet zo'n opvallende, maar is wel een hele belangrijke. Hierbij gaat het om de geometrie van de "sensor head", daar waar de RTD's zijn ingebouwd in het metend gedeelte van de flowmeter. Dit heeft aerodynamische vormen gekregen wat ten goede komt aan de doorstroming van het gas (zie figuur 2).

**Innovatie 2:** Zoals al gezegd zijn RTD's gevoelig voor temperatuur. Eén van de RTD's meet de temperatuur van het gas. De andere RTD wordt door de elektronica verhit en de afkoeling door het erlangs stromend gas is proportioneel met de gasmassaflow (zie figuur 1).

De warme sensor raakt zijn energie kwijt door afkoeling door het stromend medium, maar ook door straling en de zogenaamde "heatloss". Deze laatste is de warmtestroom via de stalen probe naar de pijpwand. De heatloss is afhankelijk van de temperatuurverschillen tussen sensor en leiding, de afkoelende werking van het stromend medium en het materiaal en de lengte van de probe. Vergelijkbare effecten zijn ook van toepassing voor de temperatuursensor. Ook deze meetwaarde wordt beïnvloed door temperatuurverschillen tussen binnen en buitenzijde van de leiding.

In de nieuwe uitvoering zijn extra RTD's geplaatst in zowel de snelheids-sensor als de sensor die de gastemperatuur meet (zie figuur 3). Dit geeft mogelijkheden om de heatloss te bepalen en te corrigeren voor de invloeden daarvan op de flowmeting.

**Innovatie 3:** Hoewel thermische gasflowmeters de gasmassa meten en daarbij in principe geen extra druk- en temperatuurcompensatie nodig is, wordt in de QuadraTherm wel rekening gehouden met de thermische eigenschappen van gassen bij wisselende temperaturen en drukken. Ook dat is nieuw, want bij sterke temperatuurschommelingen veranderen niet alleen de thermische eigenschappen van het gas, maar ook de viscositeit wordt beïnvloed en daardoor de afkoeling van de snelheids-sensor. Onderdeel van het meetprincipe is de temperatuurmeting. Een geïntegreerde druksensor is bij deze laatste generatie thermische flowmeters optioneel. Uiteraard gebruikt de flowmeter deze procesparameters om de meting te perfectioneren en

natuurlijk zijn deze parameters ook beschikbaar via analoge en seriële uitgangen.

**Innovatie 4:** Thermische gasflowmeters die op het bypass-concept zijn gebaseerd, bieden de aantrekkelijke mogelijkheid om ze te kalibreren met bijvoorbeeld lucht of een gas als stikstof en ze dan toe te passen voor andere gassen zoals argon, helium of wat men zou wensen. Bij dit type thermische flowmeters bestaan er verbanden tussen de diverse gassen en hun afkoelende effecten op de flowmeter. Dat wordt met de zogenaamde K-factoren uitgedrukt. Binnen de nauwkeurigheidsspecificaties van deze instrumenten zijn dat vrijwel lineaire verbanden. Voor immersion flowmeters werkt dat echter niet zo. De verbanden zijn niet lineair en diverse procesparameters hebben invloed.

Gedurende de laatste, zeg, 15 jaar is hard gewerkt aan de theoretische benadering van hoe het nu echt zit en getracht is de verbanden via algoritmes vast te leggen. Druk, temperatuur, viscositeit en zelfs zaken zoals wandruwheid hebben hun effect. In het verlengde van de innovatie 3 en ook innovatie 2 is de elektronica van de flowmeter, iTherm genaamd, uitgegroeid tot een behoorlijke flowcomputer. Op het moment van schrijven zijn er 18 verschillende gassen opgeslagen in de elektronica. De QuadraTherm kan met bijvoorbeeld lucht gekalibreerd worden en met de functie "Dial-A-Gas" kan gekozen worden voor een ander gas. De omzetting van meetwaarden is niet 100%, maar binnen grenzen levert de flowmeter een alleszins bruikbaar en reproduceerbaar meetresultaat. De database in iTherm zal in de toekomst verder uitgebreid worden.

iTherm biedt ook de mogelijkheid om een insteekuitvoering te configureren voor verschillende leidingdiameters via de "Dial-A-Pipe" functie. Al met al is iTherm een veelzijdige brok elektronica voor het managen van heatloss, gaseigenschappen en druk- en temperatuureffecten op de gasmassaflowmeting.

### Samenvatting

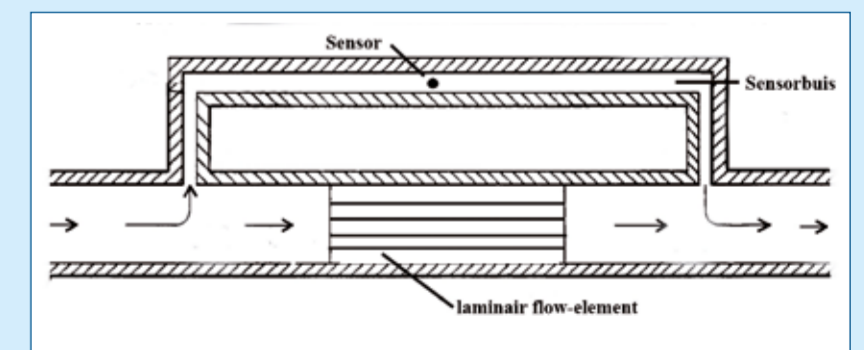
Thermische gasflowmeters meten de gasmassaflow. Dit type flowmeter is breed toepasbaar voor relatief eenvoudige applicaties. Met name omdat geen extra druk- en temperatuurcompensaties nodig zijn, het concept geen bewegende delen heeft en doordat hij installatietechnisch erg gunstig afsteekt bij vele andere meettechnieken, is de TCO laag. Diverse innovaties in de laatste generatie flowmeters brengen de nauwkeurigheid en flexibiliteit van deze instrumenten naar een hoger plan.

Voor meer informatie zie [www.etotaal.nl/achtergrond](http://www.etotaal.nl/achtergrond).  
Artikel "Thermische flowmeters anno 2013".

Ton Bol, A-B-T bv

### Bypass thermische flowmeter

Een bypass thermische flowmeter is opgebouwd uit een "flowbody" waarin een zogenaamd laminair flow-element (LFE) is geplaatst. Dit LFE zorgt voor laminair flowgedrag in de body en tevens voor een geringe drukval. Parallel aan het LFE is een sensor geplaatst. Door de drukval over het LFE stroomt er ook een hoeveelheid gas door de sensor. De diameter van de sensor en de gassnelheden zijn zo laag dat ook in de sensor het stromingsgedrag laminair is. Dit resulteert in een vrijwel constante verhouding van de hoeveelheid gas dat door de sensor en de bypass stroomt. Het meten van het debiet door de sensor is dus representatief voor wat door het gehele instrument stroomt. Deze meettechniek is in het bijzonder geschikt voor lage debieten, van 0,5 SCCM (Standaard Cubieke Centimeter per Minuut) tot 1000 SLPM (Standaard Liter Per Minuut). In principe is de techniek toepasbaar voor elk soort gas. Thermische gasmassaflowmeters die gebaseerd zijn op het bypass-concept worden breed toegepast in relatief kleine gasstromen. Dit type flowmeter kan worden voorzien van een regelklepje en ingebouwde regelfunctie. We noemen dit een thermische gasmassaflowcontroller (MFC). Generatierend worden zowel de flowmeters als de controllers MFC's genoemd. Typische toepassingen van deze MFC's vinden we in de halfgeleiderindustrie voor



allerlei gasstroompjes, in koekjesmachines (luchtig maken van het deeg), ijsmachines (zacht en romig maken van het ijs en voor de smaak), bierbrouwerijen (lucht of zuurstof injectie in de wort en CO2 injectie bij afvulprocessen), analyse apparatuur (bemonstering), in laboratoria voor bijvoorbeeld katalyse onderzoek, hart-longmachines, blanketing-applicaties, verbruiksmetingen van laboratoriumgassen en vele andere toepassingen.