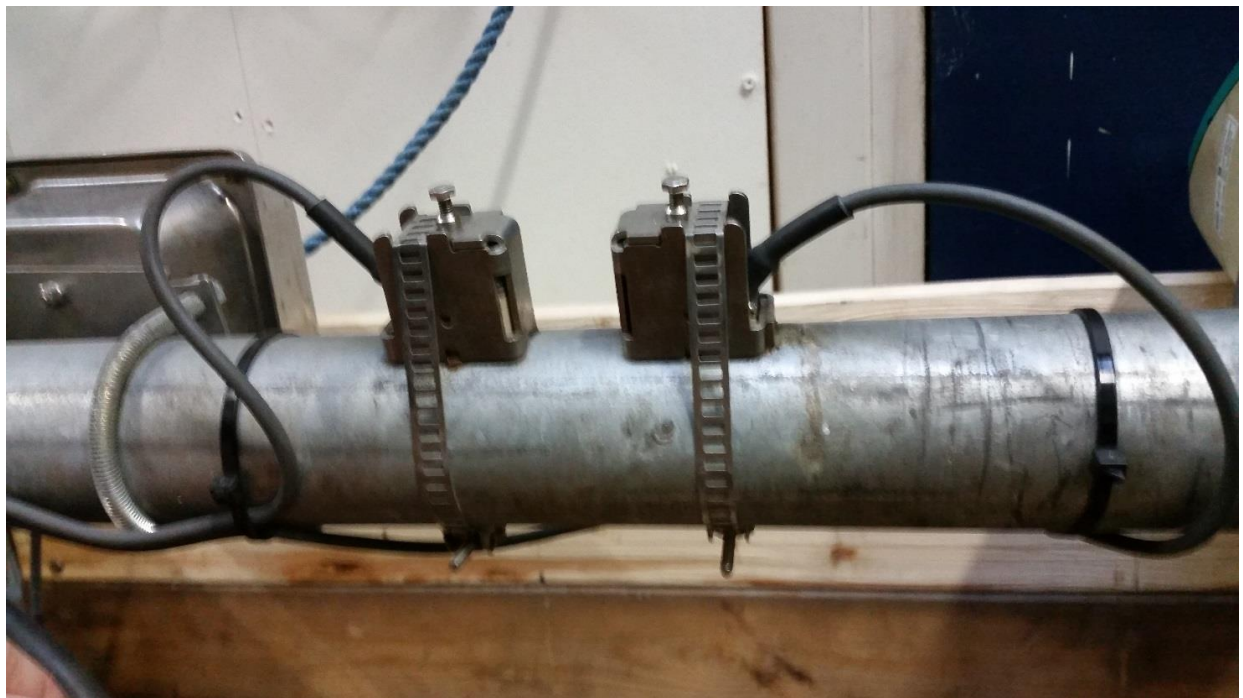


FLOWCENTER DANMARK

Introduktion til Clamp-on flowmålere



Februar 2016

Notatforfatter:

Pieter F. Nieman, Teknologisk Institut



1 Indledning

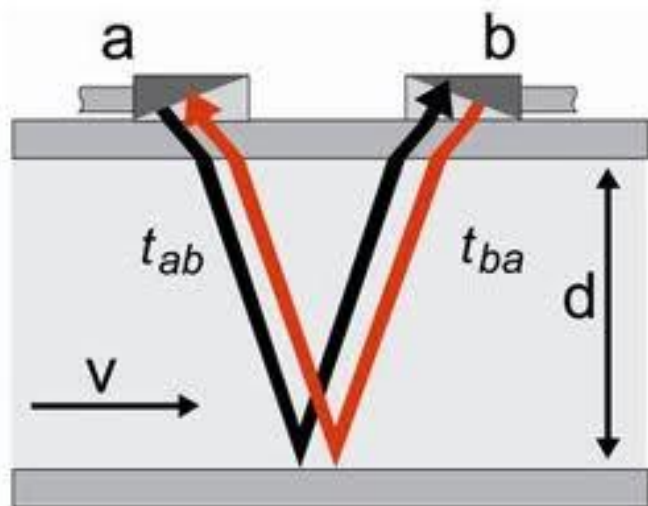
Dette notat omhandler brugen af clamp-on flowmålere og beskriver i korte træk nogle af de forhold man skal være opmærksom på ved montering og brug af clamp-on-flowmålere for at undgå fejlbehæftede flowmålinger.

2 Baggrund

En hurtig og nem metode til måling af flow er at bruge en clamp-on-måler, idet den som udgangspunkt "bare" skal monteres uden på et rør hvori der er et gas- eller væskeflow. Flowmåling med clamp-on kan således være en løsning i situationer, hvor installation af almindelige in-line flowmåler enten ikke er muligt eller besværligt. Det kan fx være i situationer, hvor det ikke er muligt at tømme et givent rørsystem, fordi der mangler ventiler, fordi det ikke er muligt at afbryde en igangværende proces eller fordi man vil tjekke en allerede installeret flowmåler. Målenøjagtigheden af clamp-on flowmåling kan variere meget fx som følge af installationstekniske forhold og kan være alt fra en relativ god flowmåling på $\pm 5\%$ nøjagtighed til bare at indikere flowraten. Der er derfor flere forskellige parametre, man skal være opmærksom på, når man benytter clamp-on til flowmåling, som kan påvirke flowmålingsnøjagtigheden betydeligt.

Dette notat omhandler kun transit time clamp-on flowmåling, men der findes også andre principper, som fx krydskorrelations ultralyds flowmålere og doppler ultralydsflowmålere, se fx British Standard BS 8452:2010.

Princippet i "Transit time" ultralyds-flowmåling er at regne hastigheden ud fra tidsdifferencen på en lydimpuls sendt mellem 2 transducere placeret uden på et rør, som vist på figur 1, hvor a og b er de to ultralydstransducere, som henholdsvis sender og modtager ultralydssignalet. Med kendskab til vinklen og tiden som lydimpulsen bruger for at passere fra a til b og retur fra b til a kan man beregne fluidets hastighed ud fra følgende grundlæggende formel:



Figur 1

$$V = \frac{d}{\sin 2\theta} \cdot \frac{\Delta t}{t_{ab} \cdot t_{ba}}$$

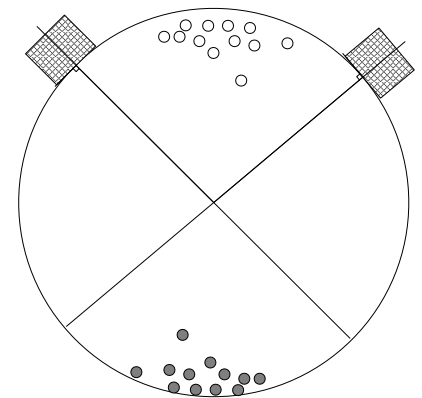
Hvor: V = gennemsnitlig flowhastighed over rørets tværsnit
 $\Delta t = t_{ab} - t_{ba}$ = forskellen i transit tid mellem a-b og b-a
 d = rørdiameter
 θ = vinklen mellem ultralydens "stråle" og axial retning

3 Montering

Transducerne monteres direkte på det rør flowet skal måles i. For at undgå forstyrrelser af bundfald og gasser, monteres transducerne på enten position "kl. 10", eller "kl. 2", se figur 2 – se eventuel også rapporten Effektivisering af ultralyds clamp-on måling på Flowcenter Danmarks hjemmeside /ref. 2/

Den nødvendige afstand mellem de to transducer afhænger af diameteren af det rør der måles på. Jo større røret er, desto større skal afstanden mellem transducerne være, og selvom der tillades en relativ stor tolerance på afstanden, så har en forkert afstand, og/eller en forkert indstilling (af afstanden) i målerens software en indflydelse på måleresultatet. Det samme gælder en forskydning (L_y) af transduceren, som vist på figur 3. Transducerne skal positioneres inden for tolerancerne, og skal flugte bedst muligt. Forskydning af transducere har dog næsten ingen indflydelse på måleresultatet, men kan påvirke transducerens modtagelse af signalet.

Der skal sikres, at transduceren har god kontakt med røret, ellers bliver måleusikkerheden for stor. En god kontakt sikres ved at fastspænde ultralydstransducerne (clamp-on hovederne) med det medfølgende monteringsbeslag, samt ved anvendelse af fx kontaktpasta mellem transducerne og røret.

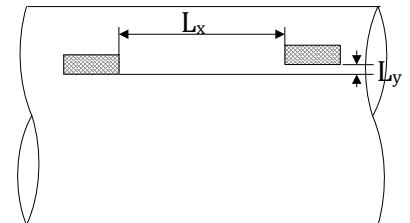


Figur 2

4 Parametre med indflydelse på flowmålingen

For at opnå den bedst mulige måling skal man kende de nøjagtige dimensioner af røret, hvorpå ultralydsflowmåleren er monteret, det drejer sig om rørets indvendig og udvendig diameter, samt rørets materialeegenskaber, desuden skal egenskaberne af det fluid, der skal måles på, kendes.

Derudover er det væsentligt at finde ud af, om der er belægninger på rørets inderside, da dette i høj grad kan influere på måleresultatet. I BSI Standard /Ref. 1/ findes lydshastigheder igennem de forskellige materialer. I samme standard findes også lydshastigheder for en lang række fluider, men man skal dog være opmærksom på at forurening af fluidet kan have indflydelse på lydshastigheden.



Figur 3

Tabel 1

Material	Lydhastighed [m/s]
Stål	3150 - 3235
Rustfri stål	3070 - 3272
Kobber	2260 - 2325
PVC	1060
Fluid	Lydhastighed [m/s]
Vand	1498
Luft	343
CO ₂	268

Lydshastigheden bruges til at bestemme afstanden L_x (se figur 3) mellem de to transducer. Afstanden er afhængig af lydshastigheden, da brydningsvinklen fra røret til fluidet er afhængig af forskellen mellem lydshastigheden i rørmaterialet og fluidet. Ændres brydningsvinklen (se figur 1) ændres den optimale afstand (L_x) mellem transducerne også.

Lydhastigheden bruges desuden også til reynoldskorrektion, som er en korrektion der tager højde for at flowets hastighedsprofil over rørets tværsnit afhænger af reynoldstallet.

Lydhastigheden er afhængig af temperaturen, og derfor skal fluidtemperaturen også bestemmes inden for et par grader kelvins nøjagtighed. Alternativt kan den ydre rørtemperatur bruges som en indirekte metode til at bestemme fluidtemperaturen.

5 Bestemmelse af rørdimensioner

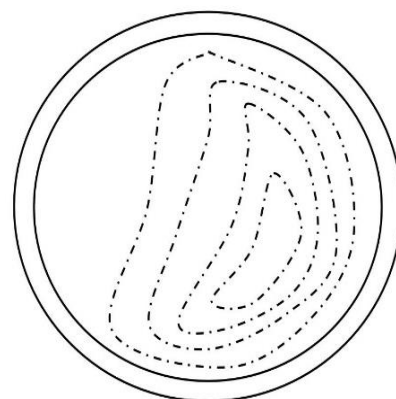
Den udvendige diameter samt godstykkelsen af røret bruges som inputparametre i clamp-on-udstyret (for at bestemme den indvendige diameter) og indtastes i måleren forud for en måling. Fordi den indvendige diameter oftest ikke kan måles direkte, måles den udvendige diameter, samt vægtykkelsen. Vægtykkelsen kan ofte bestemmes via en funktion i clamp-on-udstyret, der direkte måler tykkelsen af røret. Kontroller også røret for ovalitet ved at foretage flere diametermålinger. Andre muligheder for at finde den indvendige diameter og vægtykkelse kan være anlæggets produktionstegninger, direkte målinger på anden vis f.eks. ultralyd, eller ved at finde et rør af samme fabrikat. Være opmærksom på, at belægninger og rust kan have indflydelse på clamp-on-målingen.

6 Strømningsforhold

Det er et velkendt fænomen at strømningsforholdene har indflydelse på flowmålerens målenøjagtighed. Bøjninger, ventiler, og andre dele af rørintallationer, hvor flowmåleren er monteret, kan forstyrre flowet inden flowmåleren. En clamp-on flowmåler beregner en gennemsnitlig hastighed i rørets tværsnit, og hvis flowet ikke er homogent, beregnes en forkert værdi for flowhastigheden. For at opnå et homogent flow, er en uforstyrret rørstrækning nødvendigt eller alternativt kan benyttes en flow-straightner, hvilket dog ikke altid er tilstrækkeligt og oftest heller ikke muligt i de situationer hvor man ønsker at benytte clamp-on.

Alt afhængig af det forstyrrende element, og den ønskede nøjagtighed af målingen, kan indløbslængden være helt op til 50 gange rørets diameter.

Typisk vil en clamp-on flowmåler blive monteret på et eksisterende anlæg, og derfor er det ikke altid muligt, at finde den perfekte placering. Den mindst dårlige er den længste lige strækning, eller den strækning, der forstyrrer flowet mindst, f.eks. en hel åben ventil, eller en indsnævring eller efter en ekspansion. I BS8452:2010 findes følgende tabel (tabel 2) med sikkerhedsafstande:



Figur 4

Tabel 2

Forstyrrelse	Lige strækning for at reducere installationseffekt til	
	± 2%	± 5%
Konisk reduktion	5d	0
Konisk ekspansion	20d	5d
90° bøjning	20d	15d
"U" bøjning (to 90° bøjninger efterhinanden i	25d	10d
To 90° bøjninger efterhinanden i lodret plan	50d	20d
Butterflyventil 2/3 åben	15d	5d
Sædeventil 2/3 åben	15d	5d
Skydeventil 2/3 åben	20d	5d

7 Konklusion

Flowmåling med clamp-on er en anvendelig metode til at måle både væske- og gasflow i rør, hvor det ikke er muligt at indsætte en in-line-flowmåler eller hvor man vil kontrollere en siddende måler, der ikke kan tages ud af den rørstrækning den er installeret i.

Clamp-on teknikken er dog følsom overfor forskellige parametre, der i mere eller mindre kan influere på målenøjagtigheden og man skal derfor nøje overveje hvilken nøjagtighed, man har brug for og foretage en kritisk vurdering af, hvor meget disse parametre influere nøjagtigheden i en given flowmålingssituation.

8 Referencer

1. BSI Standard: BS 8452:2010.
2. Effektivisering af ultralyds clamp-on måling: <http://flowcenter.dk/da/forskning-og-udvikling/afsluttede-projekter/effektivisering-af-ultralyds-clamp-on-maling/>