



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Måling af overflade- temperatur på rør

Resumé af projektrapport

“ – Analyse af fejlkilder ved måling af overfladetemperatur.

Titel:

Måling af overfladetemperatur på rør

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Installation og Kalibrering
Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C

December 2015

Forfatter: Javier I. Camacho

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	4
2. Set-up og installation af sensorer	4
3. Resultater	7
4. Konklusioner og videre arbejde	9

1. Indledning

Måling af overfladetemperaturer ved hjælp af kontaktermometre er vanskelig at gøre metrologisk sporbar grundet begrænset forståelse af fejlkilder og usikkerhedskomponenter - specielt i forbindelse med installationen af sensoren. Overfladetemperaturmåling på rør anvendes ofte i procesindustrien til at bestemme temperaturen af mediet i røret, hvor almindelig brug af indstiksføler ikke er mulig pga. hygiejniske eller sikkerhedsmæssige årsager.

Teknologisk Institut har opbygget et set-up og udført en række eksperimenter med henblik på at få svar på spørgsmålene:

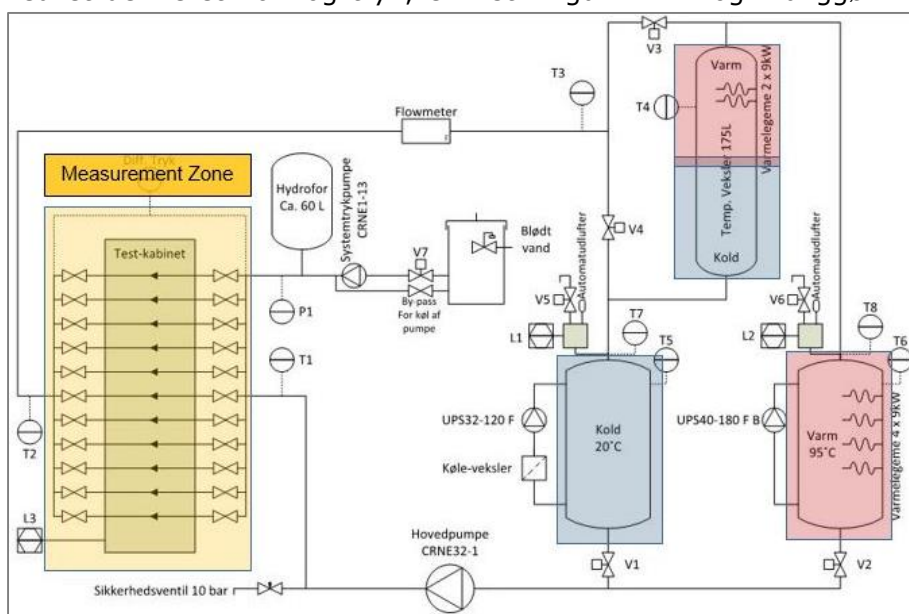
- Hvor stor en forbedring af målingen får man ved at anvende varmeledende pasta ved kontakten mellem overfladesensor og overflade ift. at isolere sensoren
- Hvor stor er indflydelsen af omgivelsesconditionen, fx luftflowet omkring sensoren
- Påvirker mediets flowhastighed i væsentlig grad målingen?

Denne rapport er et ekstrakt af projektrapporteringen, som resumerer resultater og beskriver opbygningen af det set-up, der blev opbygget og anvendt til formålet. Arbejdet er støttet af Styrelsen for Forskning og Innovation.

Teknologisk Institut tilbyder nu virksomheder at gennemføre undersøgelser eller rådgivning fx vedrørende usikkerhedsanalyse omkring emnet: "overfladetemperaturmåling".

2. Set-up og installation af sensorer

En skitse og illustrationer af systemet, der genererer en kontrolleret temperatur af mediet ved et defineret flow og tryk, er vist i figur 1 – 2 og muliggør hurtige temperaturskift.

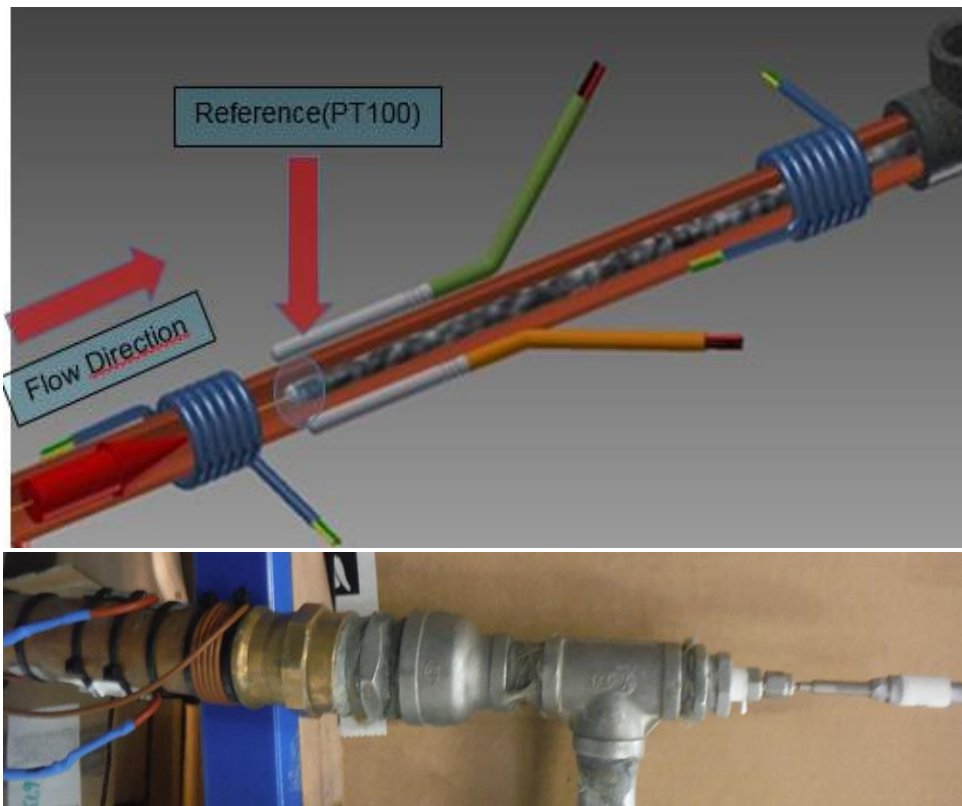


Figur 1: Skematisk oversigt over set-up

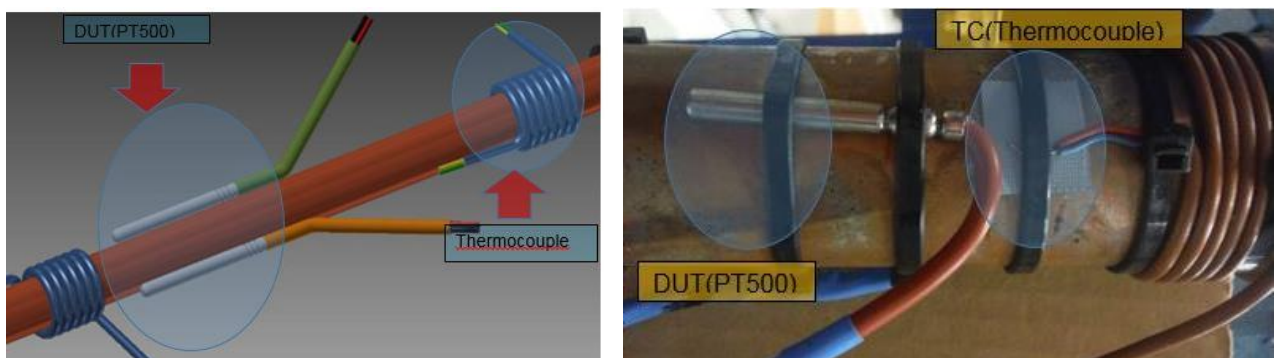


Figur 2: Tanke til termostatering af "koldt" og "varmt" (tv) og billede, der viser de to målerør med monterede temperatursensorer (th)

Til eksperimentet anvendtes to målerør af kobber (figur 2) med forskellig diameter for at kunne generere forskellig flowhastighed. Kobber har en mere optimal varmeledningsevne end fx rustfrit stål, hvilket vil betyde, at de målefejl, der her observeres sandsynligvis vil være mindre end de, der forekommer ved måling i almindelige processer. For at kunne bestemme medietemperaturen anvendtes to kalibrerede Pt100 følere, som blev monteret modstrøms i rørene med god kontakt til og varmeoverførsel fra mediet. Testemnerne var to termokobler samt to Pt500 følere monteret på ydersiden af rørene. Se figur 3 og 4.



Figur 3: Referencesensoren monteret modstrøms og med god indstiksdybde



Figur 4: Testemner (DUT) monteret på overfladen af rørene

3. Resultater

Et antal eksperimenter blev gennemført:

1. Bestemmelse af forskellen mellem medietemperatur og målt overfladetemperatur ved forskellige nominelle temperaturer (80 °C, 22 °C og 5 °C)
2. Effekten af brugen af varmeledende pasta
3. Effekten af luftflow omkring røret
4. Effekten af at isolere overfladeføleren
5. Reproducerbarhed af målingerne
6. Effekten af mediets flowhastighed
7. Sensorernes reaktionstid ved de forskellige scenarier

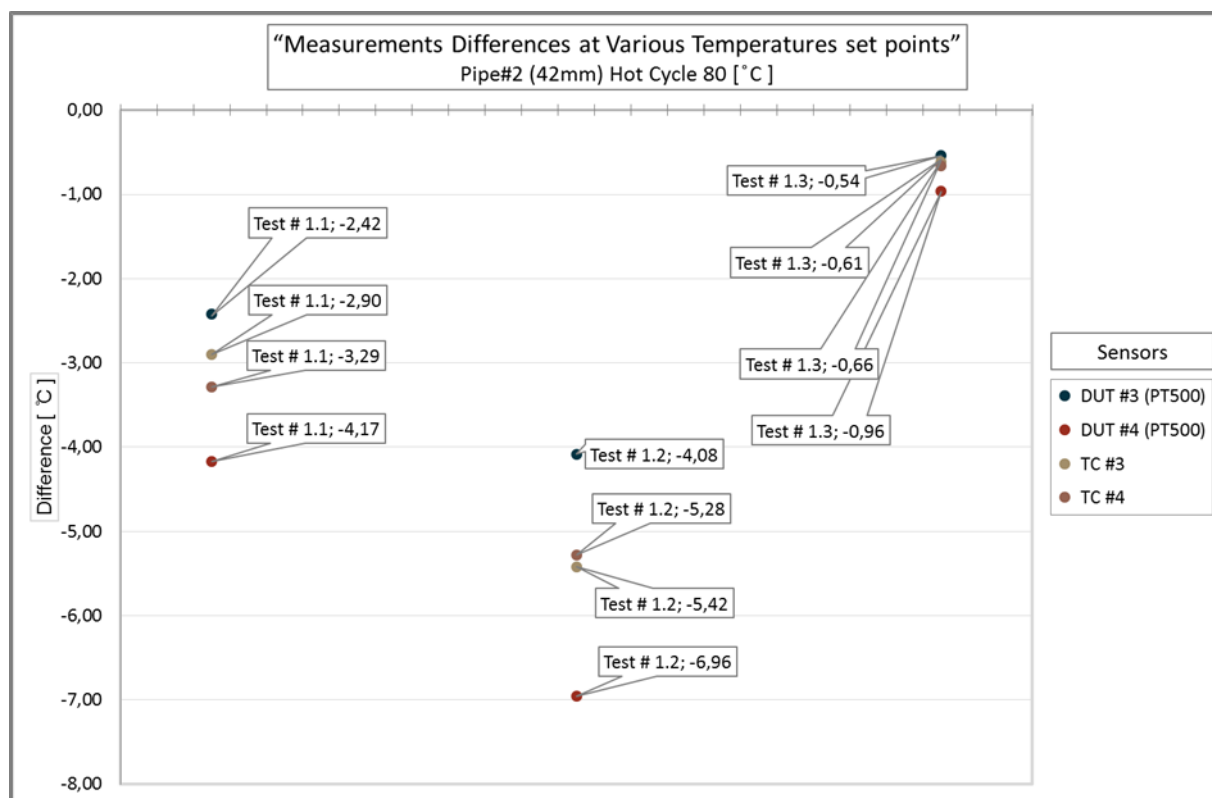
De efterfølgende figurer viser et uddrag af de opnåede resultater (flere detaljer forefindes i projektrapporten).

Testnumre i figurerne refererer til:

Test#1.1/Test#2.1: Uden isolering og kun naturlig konvektion

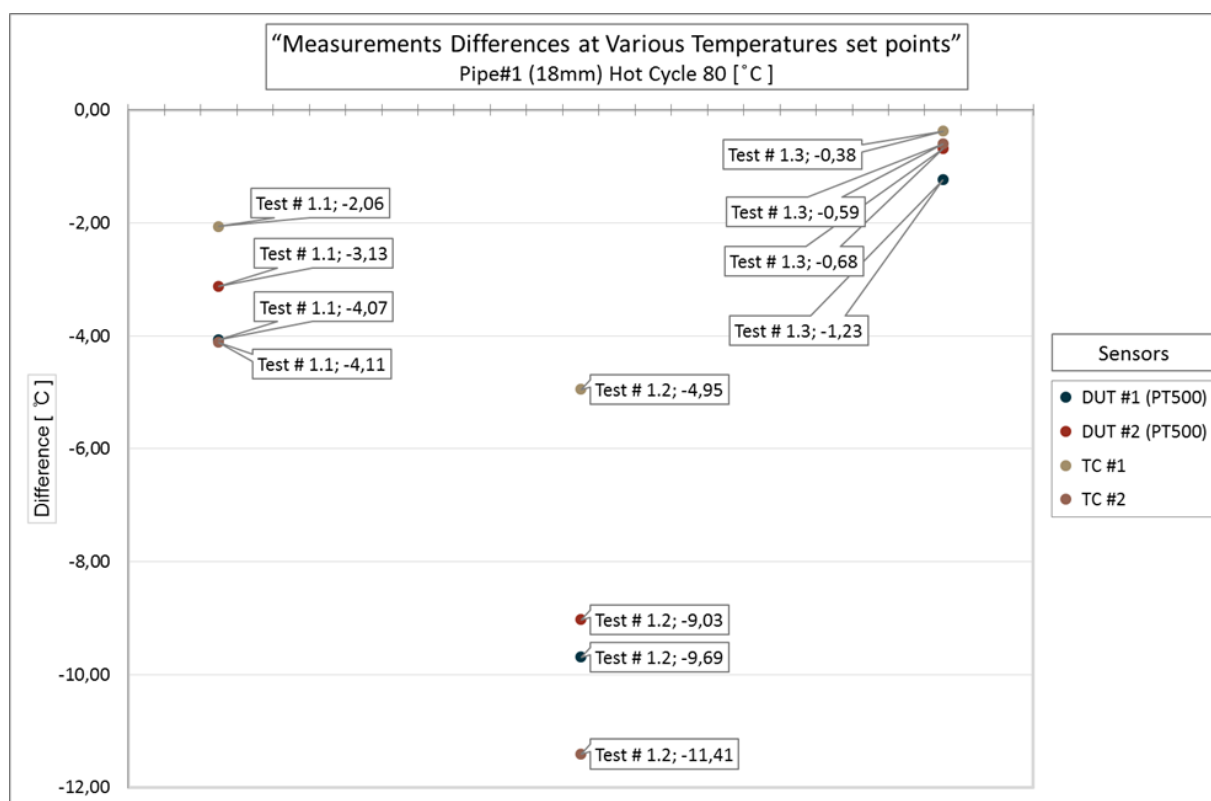
Test#1.2/Test#2.2: Uden isolering og med tvungen konvektion omkring røret

Test#1.3/Test#2.3: Med isolering (32 mm "nitrile rubber foam")



Figur 5: Forskel mellem medietemperatur og overfladetemperaturmåling på 42 mm rør

Figur 5 viser resultaterne fra test udført på 42 mm røret ved 80 °C. Isolering af sensorerne giver en kraftig reduktion af fejlen og spredningen af resultaterne fra de forskellige følere. Der observeres ikke den store forskel på, om der anvendes en Pt500 føler eller en termokobbel. Konvektion omkring røret giver en signifikant dårligere målesituation. Ved anvendelse af varmeledende pasta på DUT #3 er fejlen mindre end ved DUT #4, men forskellen er ikke sammenlignelig med den effekt, der fås ved at isolere føleren (ikke vist i figuren).



Figur 6: Forskel mellem medietemperatur og overfladetemperaturmåling på 18 mm rør.

Figur 6 viser resultaterne fra test udført på 18 mm røret ved 80 °C, dvs. hvor mediet har en højere flowhastighed. Billedet er det samme som ved målingerne udført på 42 mm røret. Konvektionstesten (Test #1.2) giver dog anledning til større fejl - sandsynligvis på grund af den mindre termiske masse. Det kræver dog yderligere eksperimenter at kunne modellere dette.

4. Konklusioner og videre arbejde

Der er blevet opbygget et set-up og foretaget en række eksperimenter mhp. at afdække signifikansen af forskellige fejlkilder ved bestemmelse af medietemperatur via måling af overfladetemperaturen af et rør med kontakttermometre. Forsøgene viser, at det er muligt at teste effekten af forskellige tiltag mhp. at reducere de fejl, der begås samt kvantificere disse mhp. på at kunne korrigere for de systematiske fejl og estimere usikkerheden herfra.

De foreløbige resultater er fra eksperimenter udført på rør lavet af kobber dvs. med en særdeles god varmeledningsevne. Det er hensigten senere at udvide undersøgelsen til rør lavet af rustfri stål og andre diametre i takt med specifikke forespørgsler fra industrien.

I forhold til måling af overfladetemperatur er Temperaturlaboratoriet endvidere aktiv i projektet "EMPRESS - Enhancing process efficiency through improved temperature Measurement", som har til formål at forbedre effektiviteten af fremstillingsprocesser ved at forbedre temperaturmåleevnen. I projektet arbejdes bl.a. med at udvikle sporbare overflademålinger op til 500 °C. Projektet er støttet af det Europæiske metrologiforskningsprogram EMPIR og løber frem til 2017.