

Ursprungsartikel ur PentronicNytt 2013-2:

Montera instrumentlådor på distans

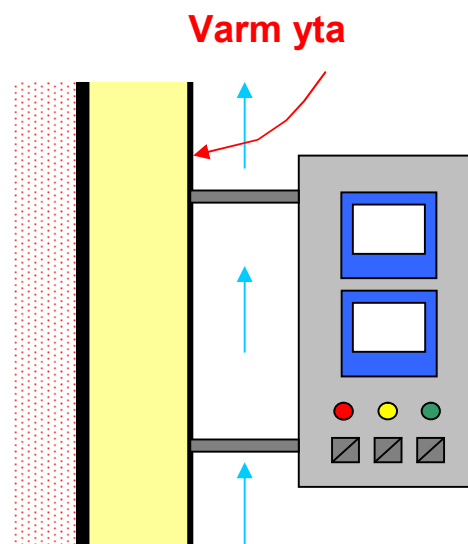
av professor Dan Loyd

FRÅGA: Avgaserna från en av våra testanläggningar transporteras i en isolerad kanal med inre tvärsnittsarean $600 \times 600 \text{ mm}^2$. Avgaserna har normalt temperaturen $250 \text{ }^\circ\text{C}$. Kanalväggen innehåller olika typer av isolermaterial och ytterst finns en plåt med tjockleken 1 mm . På den vertikala väggen är en instrumentlåda med temperaturinstrument monterad. Plåtens temperatur är $45 \text{ }^\circ\text{C}$, när temperaturen i verkstaden är $18 \text{ }^\circ\text{C}$. Vid ett tillfälle upphörde ventilationen i verkstaden och omgivningstemperaturen blev då under en längre tid $32 \text{ }^\circ\text{C}$. Vad blev då plåttemperaturen?

Staffan L

SVAR: Värmetransporten från avgaserna till den inre kanalväggen sker i huvudsak med påtvingad konvektion. Genom den isolerade kanalväggen sker transporten genom värmeledning. Från plåten till omgivningen sker värmetransporten normalt genom naturlig konvektion och strålning. "Drivkraften" för värmetransporten är temperaturdifferensen mellan avgaserna och omgivningen, $250 - 18 = 232 \text{ }^\circ\text{C}$.

När temperaturen i verkstaden ökar från $18 \text{ }^\circ\text{C}$ till $32 \text{ }^\circ\text{C}$ minskar därför värmetransporten och temperaturen stiger på kanalens utsida. Om vi inledningsvis antar att alla termiska koefficienter är konstanta ökar ytans temperatur från $45 \text{ }^\circ\text{C}$ till $57 \text{ }^\circ\text{C}$. Om beräkningen tar hänsyn till att såväl strålningen som konvektionen är temperatur-beroende blir väggens temperatur $56 \text{ }^\circ\text{C}$. Att ökningen av väggtemperaturen blir $11 \text{ }^\circ\text{C}$ när omgivningens temperatur ökar med $14 \text{ }^\circ\text{C}$ beror på att värmemotståndet i kanalväggen är betydligt större än mellan kanalens yta och omgivningen. Beräkningen bygger på ett antal antaganden, vilket gör att resultatet bör användas med försiktighet.



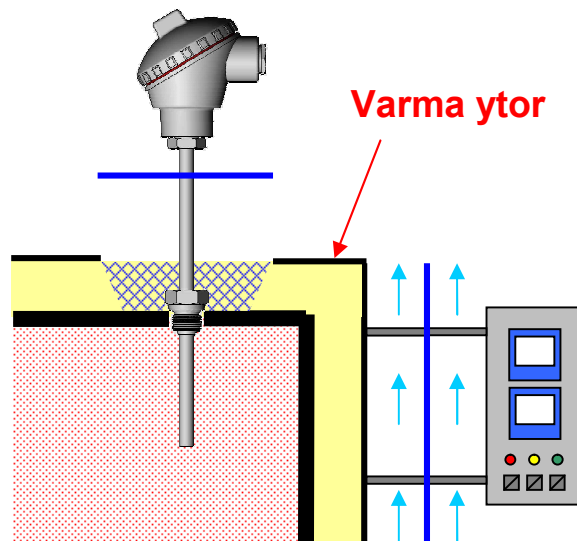
Figur 1. En instrumentlåda är monterad på distanser till en varm plåt-yta. Luftgapet minskar uppvärmningen av instrumenten.

Man bör om möjligt undvika att montera instrumentlådor direkt på varma ytor. Värmeledningen från väggen kan tillsammans

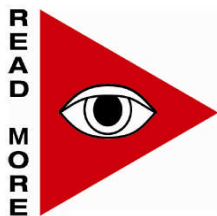
med den effekt som elektroniken utvecklar ge onödigt höga temperaturer i lådan, vilket kan äventyra elektronikens funktion. I fallet temperaturmätande instrument kan utförd kalibrering förlora sitt värde. Läs mer på sidan 4. Genom att montera lådan så att det blir en ventilerad spalt mellan den och väggen reducerar man värmeflödet från väggen till lådan – se figur 1. Istället för värmeledning får man nu strålning och egenkonvektion.

Fästelementen mellan låda och vägg bör ha så liten tvärsnittsarea som möjligt och deras värmekonduktivitet bör vara låg. Rostfritt stål är ett lämpligt material. Blanka ytor på väggen och lådan reducerar värmeledningen, men ytorna smutsas lätt och kräver därför underhåll.

Om man vill reducera värmeledningen ytterligare kan man montera ett strålnings-skydd (plåt) i luftspalten – se figur 2. Även i detta fall bör ytorna vara blanka för att minska strålningens inverkan. Ett annat fall där man bör använda strålnings-skydd visas också i figur 2. Om isoleringen skulle skadas kan strålnings-skyddet minska risken för att kopplingshuvudet med transmittor blir för varmt.



Figur 2. Samma som figur 1 men en plåtskärm (blå) i luftgapet minskar ytterligare strålningsvärmens från varm yta till instrumentlåda. Isoleringen (gul) kan ibland vara bristfällig (rutnönster) där temperaturgivaren dras fast. På motsvarande sätt kan en skärm (blå) begränsa värmeledningen till givarens kopplingshuvud som vanligen innehåller en transmittor.



Utökad artikel: [Ett beräkningsexempel](#)

Montera instrumentlådor på distans

av professor Dan Loyd

Uppskattning av väggtemperaturen vid ändring av verkstadens temperatur
Värmeledningen per ytenhet, q W/m², från avgaserna med temperaturen 250 °C till kanalväggens utsida med temperaturen T °C kan vid en endimensionell stationär analys bestämmas ur sambandet

$$q = U (250 - T) = \alpha_{\text{tot}} (T - T_{\text{verkst}}) \quad (1)$$

där, T_{verkst} är verkstadstemperaturen i °C, U W/(m²K) en värmegenomgångskoefficient och α_{tot} W/(m²K) en värmeövergångskoefficient som inkluderar både konvektion och strålning. [Ref 1] och [Ref 2].

När verkstadstemperaturen T_{verkst} är 18 °C har kanalväggens utsida temperaturen 45 °C. Värmeflödet per ytenhet är då q_{18} W/(m²K)

$$q_{18} = U (250 - 45) = \alpha_{\text{tot}} (45 - 18) \quad (2)$$

$$U (250 - 45) = \alpha_{\text{tot}} (45 - 18) \quad (3)$$

$$U 205 = \alpha_{\text{tot}} 27 \quad (4)$$

När verkstadstemperaturen ökar till 32 °C ökar även temperaturen T °C på väggens utsida och värmeflödet minskar till q_{32}

$$q_{32} = U (250 - T) = \alpha_{\text{tot}} (T - 32) \quad (5)$$

Värmegenomgångskoefficienten U inkluderar påtvingad konvektion inuti kanalen och värmeledning i isolermaterialet mm och koefficienten ändras i detta fall obetydligt när temperaturen i verkstaden ändras. Värmeövergångskoefficienten α_{tot} kommer däremot att ändras eftersom den är mer beroende av temperaturen. Om vi inledningsvis antar att värmeövergångskoefficienten α_{tot} är konstant kan man enkelt beräkna väggtemperaturen T ur sambanden (4) och (5). Man finner $T = 57$ °C.

För värmeövergångskoefficienten $\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{konv}} + V_{\text{strål}}$ gäller att både den konvektiva värmeövergångskoefficienten α_{konv} och strålningsvärmeövergångskoefficienten $\alpha_{\text{strål}}$ beror av temperaturen. Om man beräknar strålningsvärmeövergångskoefficienten för väggtemperaturerna 45 °C och 57 °C och motsvarande verkstadstemperaturer 18 °C och 32 °C får man 6.1 W/(m²K) respektive 6.9 W/(m²K). Väggen antas vid denna beräkning ha emissionskoefficienten 0.95. Om man gör motsvarande beräkning för egenkonvektion och en vertikal vägg med höjden 0.6 m blir den konvektiva värmeövergångskoefficienten 3.6 W/(m²K) respektive 3.5 W/(m²K). Detta innebär att värmeövergångskoefficienten α_{tot} ändras från 9.7 °C till 10.4 °C, vilket är en ökning med 7 %. Med sambanden (4) och (5) får man nu $T = 56$ °C.

En ytterligare beräkning med den nya väggtemperaturen är inte motiverad eftersom temperaturändringen är liten och beräkningarna bygger på ett antal osäkra antaganden. Andra antaganden ger andra resultat. Om till exempel kanalens utsida är blankare minskar emissionskoefficienten och därmed strålningen. Värmeflödet till verkstaden minskar och temperaturen på väggen ökar.

Se www.pentronic.se > Nyheter > Kundtidningen > Kundtidningen arkiv:

[Ref 1] Se StoPextra 1999-4 sid 4

[Ref 2] Se StoPextra 1999-5 sid 4