

Herrn

Von A s b o t h

Betr.: Bericht über die Durchrechnung der Wärmeverhältnisse eines neuen Druckofenvorschlags. (Ergänzung zum Bericht vom 3.8.40.

Von den entworfenen neuen Kühlrohrtypen wurde der als günstigste Lösung ersichtete Vorschlag in Bezug auf die entstehenden Wärmeverhältnisse durchgerechnet. Vergl. Zeichnung TB 034 und ~~.....~~. TB. 044

Der Vergleich der allgemeinen Konstruktionsdaten mit denen des vorhandenen ND-Ofens und des Druckofens zeigt folgendes.

Die Raumsausnutzung nähert sich dem günstigen Werte des ND-Ofens, die Kühlfläche ist noch etwas kleiner, das Eisengewicht grösser, aber niedriger als beim Druckofen. Die Zahl der Rohrelemente ($1.550/10 \text{ m}^3$ Kontakt) liegt erheblich unter der des Druckofens (2.044) und weit unter denen der anderen bisher ausgearbeiteten Vorschläge (5.200 bis 7.600). Die reihenweise Zusammenfassung der Rohre ist möglich, so dass die beiden grossen Rohrbüden fortfallen können und ein einzelnes Herausziehen der Rohrreihen die Reinigung und evtl. Reparatur schadhafter Rohre sehr wesentlich erleichtert.

Berechnung der Wärmeverhältnisse.

Bei der gewählten Rippenkonstruktion beeinflusst der Temperaturabfall in den Rippen sehr wesentlich das Wärmebild, wenn die wirtschaftlichste Rippenlänge gewählt wird. Damit weicht die Berechnung der Wärmeverhältnisse etwas ab von der des Berichtes vom 3.8.40. Infolge der Temperaturdifferenz in der Rippe wird das Temperaturmaximum im Kontaktraum entlang des in Zeichnung TB 034 strichpunktiert gezeichneten Linienzuges ABCDE verlaufen. Zwischen den gleichlaufenden Rippen beiderseits A-B liegt ein symmetrisches Temperaturfeld des Kontaktes, dessen Temperatur aber zu den Rohren hin abfällt. Zwischen den entgegengesetzt laufenden Rippen beiderseits C-D stellt sich ein unsymmetrisches Temperaturfeld ein, jedoch mit etwa gleich hoher Maximaltemperatur.

Unter der gleichen vereinfachenden Annahme gleichmässig im Raum verteilter gleichgrosser Wärmequellen wie im Bericht vom 3.8.40 gilt die dort abgeleitete Gleichung 17)

von:

$$Q_F = \Delta \vartheta \left(\alpha_R + \frac{2\lambda_K}{s} + C \cdot C_{1,2} \cdot 0,7 \right)$$

Hierin ist:

Q_F = Heizflächenbelastung (Kcal/m²h)

$\Delta \vartheta$ = Temperaturdifferenz zwischen Kontaktraummaximum und Wandtemperatur

λ_K = 0,063 (Kcal/m h°)

α_R = 1,17 (Kcal/m² h°) (n.Hütte I Seite 498)

$C_{1,2}$ = 3,22

C = 3,75 gegenüber 3,90 im obigen Bericht, da hier die Übertemperatur des Kontaktes im Mittel 15° C gegenüber 30° C dort beiträgt.

Damit wird:

$$\Delta \vartheta = \frac{Q_F}{\frac{2\lambda_K}{s} + 9,60}$$

Es ist nun Q_F nicht konstant, da die höhere Rippentemperatur am Rippenende eine Verschiebung des Temperaturmaximums im Kontaktraum hervorruft und diese sich in einer Änderung der Wärmebelastung der Kühlfläche auswirkt. Unter Annahme geradlinigen Verlaufes der Strecke C-D wird:

$$Q_F(s) = Q_M \cdot \frac{s + 0,00375}{0,0075}$$

Hierin ist:

$Q_F(s)$ = Heizflächenbelastung in Abhängigkeit von Abstände s des Temperaturmaximums des Kontaktraumes von der Rippe (Kcal/m²h)

Q_M = $q/F = 162.000 / 313 = 520$ (Kcal/m²h)

= mittlere Heizflächenbelastung des Ofens.

s = Abstand des Temperaturmaximums (m).

0,0075 = Abstand der Kühlrippen voneinander, (m)

Die sich aus diesen beiden letzten Formeln ergeben Werte für Q_F und damit für $\Delta \vartheta$ sind in der Zeichnung ~~in Ab-~~ in Abhängigkeit von s aufgetragen.

Der Temperaturverlauf in den Rippen ergibt sich nun folgendermassen.

Differenzialgleichung für Wärmeleitung bei Wärmequellen

$$q(x) + \lambda \nabla^2 \vartheta = 0 \text{ hier: } q(x) + \lambda \frac{d^2 \vartheta}{dx^2}$$

hierin:

$$q(x) = q_0 + C_1 \cdot x \text{ in erster Näherung angesetzt.}$$

Hieraus wird durch Integration

$$\vartheta = -\frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{1}{2} q_0 \cdot x^2 + \frac{C_1}{6} \cdot x^3 + C \cdot x \right)$$

für $x = 0$ ist $\vartheta = T$, folglich $C = -\frac{T}{x} \cdot \lambda$

Hieraus:

$$\Delta \vartheta_R = -1/\lambda \cdot \left(\frac{1}{2} q_0 \cdot x^2 + \frac{C_1}{6} \cdot x^3 \right) = T - \vartheta$$

hierin bedeutet also $\Delta \vartheta_R$ den Temperaturunterschied in der Rippe zwischen äusserstem Ende und der Wurzel. Die nach dieser Gleichung errechneten Werte für $\Delta \vartheta_R$ sind in Zeichnung ~~in Ab-~~ gleichfalls in Abhängigkeit von s aufgetragen. Zu jedem Wert s ergibt sich swangsläufig infolge der Schräglage der Linie C-D ein Temperaturunterschied zwischen der Temperatur des Kontaktes am äussersten Ende der Rippe und an der Wurzel derselben. Dieser Temperaturunterschied $\Delta \vartheta_0$ ist in der Zeichnung TB c35 in Abhängigkeit vom Abstände s am Punkt C aufgetragen. Er muss im Gleichgewichtszustand ebenso gross sein wie der Temperaturunterschied in der Rippe. Damit ergibt sich der Abstand des Punktes C von der Rippe sowie die Grösse des Temperaturunterschiedes aus dem Schnittpunkt der beiden Linien $\Delta \vartheta_R$ und $\Delta \vartheta_0$. Es beträgt hier $\Delta \vartheta_R = 14,8^\circ \text{ C}$.

Die Übertemperatur des Kontaktes in Punkt C ergibt sich aus

$$\Delta \vartheta = \frac{Q_F(s)}{K \cdot \frac{2 \cdot \lambda}{s} + 9,6} = \frac{465}{87,0} = 5,3^\circ \text{ C}$$

Die Zahlenwerte dieser Gleichung ergeben sich gleichfalls aus der Zeichnung ^{TB 034} für das vorgegebene $s = 2,45$ mm.

Die Wandübertemperatur über das Kühlwasser in den Kühlrohren folgt aus:

$$\Delta t_W = Q_W / \alpha_W = 3.850 / 2.200 = 1,75^\circ \text{C}$$

Hierin ist Q_W = Kühlflächenbelastung wasserseitig (Kcal/m²h)

α_W = Wärmeübergangszahl an fast siedendes Wasser (vergl. Bericht vom 8.6.40).

Die Gasübertemperatur über das Kühlwasser ergibt sich im Kontaktraum für den Punkt C also zu:

$$\begin{array}{rcl} & \Delta t_W & = 1,75 \\ + & \Delta t_R & = 15,0 \\ + & \Delta t_K & = 7,0 \\ + & \Delta t_G & = 1,25 \\ \hline \Delta t & = & 25,0^\circ \text{C} \end{array}$$

Hierin wurde der Wert für Δt_G , das ist die Übertemperatur des Gases über den Kontakt, geschätzt entsprechend dem Bericht vom 8.6.40.

In der Zeichnung TB 034 sind die Temperaturverhältnisse entlang der Rippe aufgetragen über dem Liniensug ABCE als Basis. Die Temperatur des Kontaktes im Punkte B ist entsprechend dem weiteren Wärmeweg höher als im Punkte C. Von B bis A sinkt die maximale Kontakttemperatur mit konstanter Übertemperatur parallel dem Anstieg der Wandtemperatur. Die ausgeprägte Spitze im Punkt B der sich rechnerisch ergebenden Kontakttemperatur wird sehr wahrscheinlich durch die tatsächliche Gastemperatur, deren vermutlicher Verlauf gleichfalls eingetragen ist, ausgeglichen. Aus dem Schaubild erweist sich eindeutig der Vorteil der Versahnung der Kühlrippen ineinander und es dürfte zweckmässig sein, die Anordnung der Kühlrohrsysteme derart geändert zu wählen, dass keine gleichlaufenden Rippen auftreten. Dann würde nicht nur der Temperaturabfall am Schenkel A - B aufgehoben sein, sondern gleichfalls die Spitze bei B fortfallen.

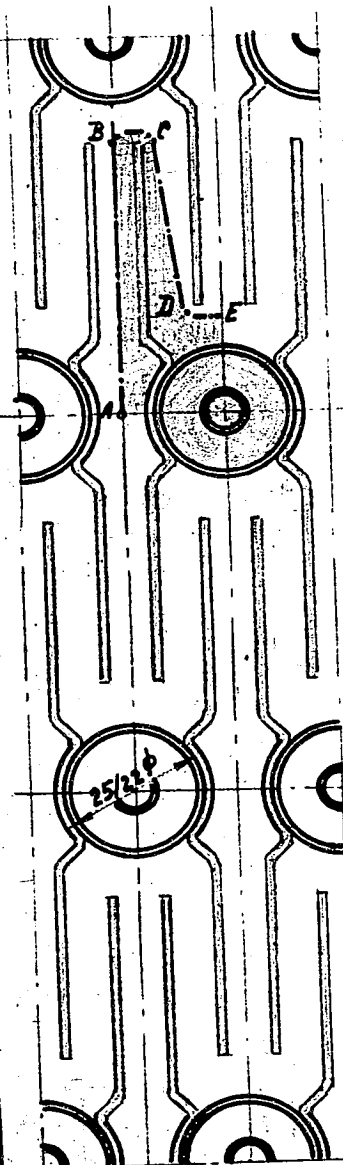
Hamm

Bemerkung:

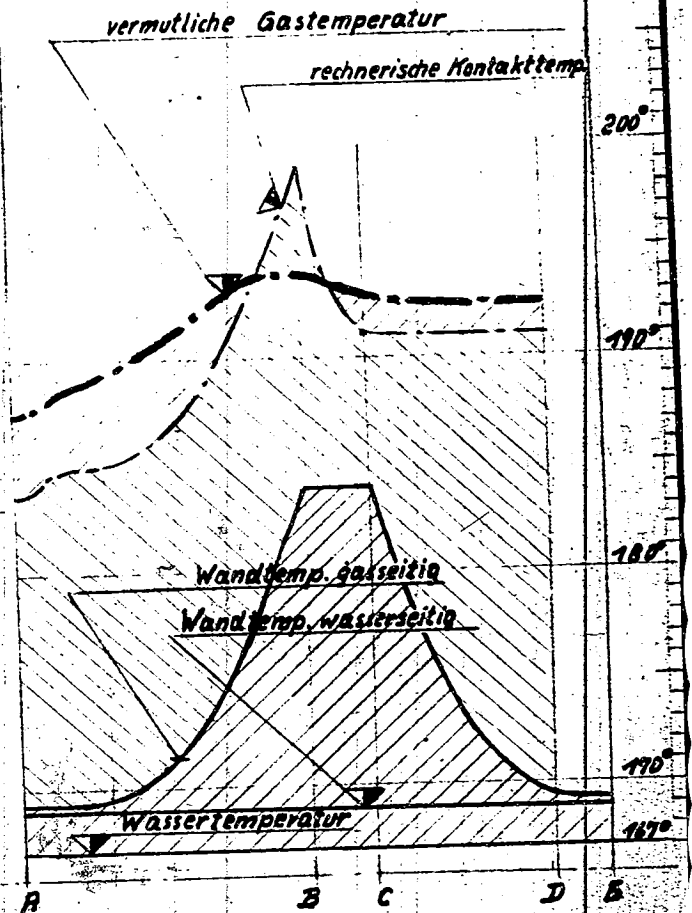
29.9.40. *Schmitt*

Raumausfüllung $V_k/V_f = 0,670$
Eisenverhältnis $V_k/V_e = 3,58$
Kühlflächenverh. $F/V_k = 264 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Kontaktraum maße $2050 \phi \times 4550 \text{ hoch}$
Gesamtvolumen $V = 15,00 \text{ m}^3$
Kontaktvolumen $V_k = 10,0 \text{ "}$
Wasservolumen $V_w = 2,2 \text{ "}$
Eisenvolumen $V_e = 2,8 \text{ "}$
Kühlfläche gaseitig $F_g = 2640 \text{ m}^2$
" wasserseitig $F_w = 480 \text{ m}^2$
Anzahl der Rohrelemente $Z = 1550$
mittl. Wärmeweg $s = 3,75 \text{ mm}$



Temperaturverlauf entlang A-B-C-D-E
(Temperaturmaximum)

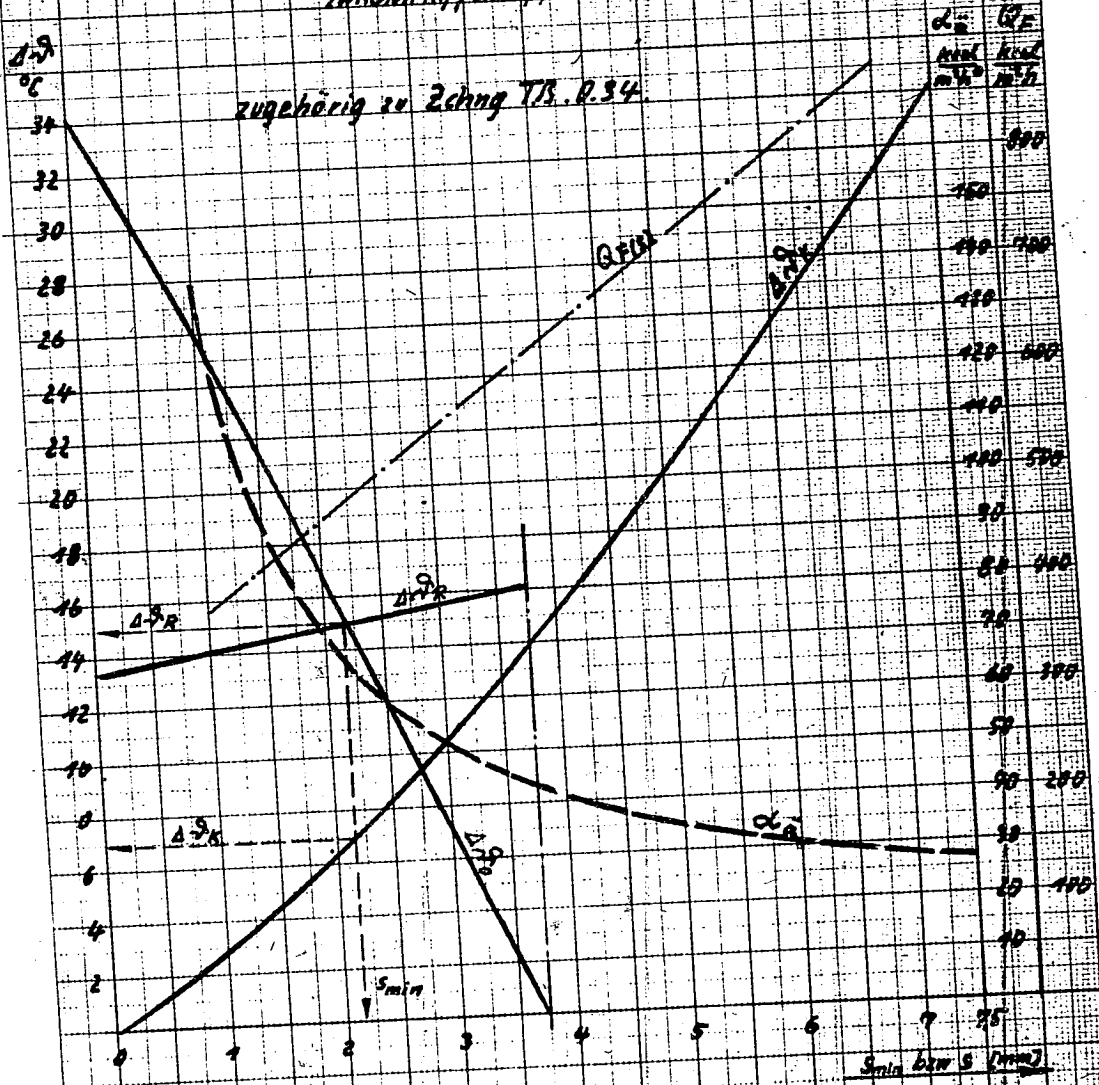


Wärmeverhältnisse im Rippenrohrten I

1195
T.B. 033
T.B. 044

- Q_{Rip} = Kühlrippenbelastung [$\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$]
- $\alpha_{\text{äq}}$ = äquivalente Wärmeübergangszahl
- ΔT_{K} $\Delta T_{\text{K}}^{\text{max}}$ = Übertemp. des Kontaktes im Maximum (Minienzug A-B-C-D-E) über Rippentemp.
- ΔT_{R} = Rippenübertemp. des Kopfendes über Rippenfuß
- $\Delta T_{\text{R}}^{\text{max}}$ = Differenz der Kontakttemp. unmittelbar an der Rippenwand zwischen Rippenkopf u. -wurzel

in Abhängigkeit vom Abstand s des Temperaturmaximums des Kontaktes (Minienzug A-B-C-D-E) von der Rippe



29.8.49 Schmidt