

3996-30/301

002225

100

Berechnung der Verdampferöfen nach Wehrle-Werk AG.

8 kompl. Aufheiz-Verdampfer- und Überhitzeröfen

Vorliegende Angaben (je Ofen)

Produktdurchsatz	4 630 kg
1) Produkteintritt	170°C
2) Verdampfer-Temperatur	380°C
3) Produkt-Austritt	450°C
Produkt-Druck	500 mm WS.
Frischgas	1 450 - 1 550 kcal/m ³
Heizgastemp. Eintritt	600°C
Heizgastemp. Austritt	370°C
Rückgastemperatur	350°C
Spez. Gewicht der Flüssigkeit	0,73 kg/l
Spez. Wärme der Flüssigkeit	0,72 kcal/kg 1°C
Spez. Gewicht des Dampfes	4,86 kg/m ³ (500 WS/380-450°)
Spez. Wärme des Dampfes	0,65 kcal/kg 1°C
Verdampfungswärme	56 kcal/kg

Wärmeumsatz

Vorwärmer	
	$4630 \cdot (380-170) \cdot 0,72 = 700\ 000\ \text{kcal/h}$
Verdampfer	
	$4630 \cdot 56 = 260\ 000\ \text{kcal/h}$
Überhitzer	
	$4630 \cdot (450-380) \cdot 0,65 = 210\ 000\ \text{kcal/h}$
Gesamte Nutzwärme	<u>1 170 000 kcal/h</u>

Nutzwärme	1 170 000 kcal/h
Abstrahlung (6 % d.N.W.)	70 000 "
Abgasverlust	<u>310 000 "</u>
Brennerleistung	<u>1 550 000 kcal/h</u>

Heizgasmengen (Lu = 1,2)

J ₆₀₀ =	210 kcal/Nm ³
J ₃₇₀ =	127 "

Erforderliche Wälzgasmenge

$$\text{Wälzgas } V_w = \frac{1.240.000}{210-127} = 14\,950 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{Frischgas } V_{Fh} = \frac{1550000}{1500} = 1\,040 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{Abgas } V = 1040 \cdot 2,4 = 2\,490 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Abgasverlust (t_e = 20°C)

$$2490 \cdot (127-6) = \underline{\underline{300\,000 \text{ kcal/h}}}$$

Verlauf der Gastemperatur

Überhitzereintritt $t_r = 600^\circ\text{C}$

Wärmeabgabe im Überhitzer

$$210\,000 \cdot 1,06 = 223\,000 \text{ kcal/h}$$

Überhitzeraustritt

$$J = 210 - \frac{223000}{140.50} = 195 \text{ kcal/Nm}^3$$

$$t_r = 570^\circ\text{C}$$

- 3 -

Verdampfereintritt

t = 570°C

Wärmeabgabe im Verdampfer

$$260\ 000 \cdot 1,06 = 276\ 000\ \text{kcal/h}$$

Verdampferaustritt

$$J = 195 - \frac{276000}{14950} = 176\ \text{kcal/Nm}^3$$

$$t = 520^\circ\text{C}$$

Vorwärmereintritt

520°C

Wärmeabgabe im Vorwärmer

$$700\ 000 \cdot 1,06 = 741\ 000\ \text{kcal/h}$$

Vorwärmeraustritt

$$J = 176 - \frac{741000}{14950} = 126$$

$$t = 370^\circ\text{C}$$

Wirksame Temp. Differenzen

Überhitzer	$d_a = 600 - 450 = 150$)	
	$d_B = 570 - 380 = 190$)	$d_m = 170$

Verdampfer	$d_a = 570 - 380 = 190$)	
	$d_B = 520 - 380 = 140$)	$d_m = 165$

Vorwärmer	$d_a = 520 - 380 = 140$)	
	$d_B = 370 - 170 = 200$)	$d_m = 168$

- 4 -

Mittlere Gassgeschwindigkeiten

a) freie Querschnitte

$$\text{Überhitzer } 1,945 (1,43 - 6,0,108) = 1,52$$

$$\text{Verdampfer } 5,0,163 = 0,815$$

$$\text{Vorwärmer } 5,0,163 = 0,815$$

b) mittl. Rauchgasmengen

Überhitzer

$$V_{\text{U}} = \frac{14950 \cdot (585+273)}{3600 \cdot 273} = 13 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Verdampfer

$$V_{\text{VD}} = \frac{14950(545+273)}{3600 \cdot 273} = 12,5 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Vorwärmer

$$V_{\text{VW}} = \frac{14950 \cdot (445+273)}{3600 \cdot 273} = 11,0 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

c) Geschwindigkeiten

$$v_{\text{U}} = \frac{13,0}{1,52} = 8,55 \text{ m/sec.}$$

$$v_{\text{VD}} = \frac{12,5}{0,815} = 15,3 \text{ m/sec.}$$

$$v_{\text{VW}} = \frac{11,0}{0,815} = 13,4 \text{ m/sec.}$$

K. Werte

$$K_{\text{Verd.}} = 18,2 \quad \text{im Verdampfer}$$

$$K_{\text{Verd.}} = 17,0 \quad \text{im Vorwärmer}$$

Überhitzer K-WerteRauchgas in Wand $\alpha_w = 41$

$$\text{Geschwindigkeit im Rohr } v_{\text{U}} = \frac{46,30}{4,86 \cdot 3600 \cdot 2,0,755} = 17,5 \text{ m/sec.}$$

- 5 -

$$v_u = \frac{1,75}{415 + 273} \cdot \frac{1,05}{1,033} = 7,1 \text{ m/s}$$

Nach Schack α_2 für CnHm Dämpfe mit über 300°C

$$\alpha_2 = (4,26 + 1,49 \frac{415}{100}) \frac{7,1^{0,75}}{0,088^{0,25}}$$

$$\alpha_2 = 81$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{41} + \frac{1}{81}} = 27,2$$

Erforderliche Heizfläche

Vorwärmer

$$F_{vw} = \frac{700.000}{17.0.168} = 245 \text{ m}^2$$

Verdampfer

$$F_{VD} = \frac{260.000}{18,2.165} = 332 \text{ m}^2$$

Überhitzer

$$F_u = \frac{210.000}{27,2.170} = 45,5 \text{ m}^2$$

Mit Rücksicht auf Konstruktion ausgeführt

Vorwärmer und Verdampfer $F_v = 375 \text{ m}^2$

Überhitzer 46 m^2

Heizflächenreserve insgesamt 43 m^2 10 %.

Produktgeschwindigkeiten in den Rohren

Flüssigkeitszone $\frac{4630}{0,73.3600} = 1,76 \text{ m}^3/\text{sec.}$

$v_{fl.} = \frac{1,76}{0,755} = 2,35 \text{ dm/sec.}$

Dampfzone $\frac{4630}{4,86.3600} = 0,265 \text{ m}^3/\text{sec.} = 265 \text{ dm}^3/\text{sec.}$

$v_s = \frac{265}{2.0,755} = 17,5 \text{ m/sec.}$

- 6 -

Druckverlust im Produktteil

Vorwärmer 55 + 4 =	220 mm WS.
Verdampfer 20 + 80 =	1600 mm WS.
Überhitzer 48 + 50 =	<u>2400 mm WS.</u>
insgesamt	4220 mm WS.

Druck am Eintritt

4220
500
3000
~ 7720 mm WS.

Druck am Austritt

~ 500 mm WS.