

# CARDOX Tüpü

---

## Ağırlık ve Boy Hesabı

---

-I-

*[Handwritten signature]*

- Patlama enerjisi ( $E_{po}$ )
- Tüpün sıvı  $CO_2$ ;
  - Dolu hacmi (V)
  - Dolu miktarı (m)
- Isıtıcı enerjisi ( $Q_{is}$ )
- Tüp dış yüzeyinde ısınma kontrolü

(4 Ad.)

(HP50F Programına göre) -2-  
 Elde edilen bazı sonuçları özet halinde  
 gösterelim : Tablo-II -

	2360 bar		2760 bar	
	F57	F57L	F57	F57L
$V [m^3]$	$7,25 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-3}$ (Ter. Fiz. Not. 6)	$7,25 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-3}$
$m_{sivi, CO_2} [kg]$	0,82	1,25	0,82	1,25
$W [kJ]$	447,6	694,6	523,4	812,4
$Q_{ısıtıcı} [kJ]$	492,36	764,06	575,74	893,64
$L [m]$	1,245	1,753	1,245	1,753
Gkatalok, ağırlık [kgf]	12,73	20	12,73	20

Tablo-I. çözüme alınır ( Termodinamik  
 çözümleme S. 23 arkası ) :

	2360 bar	2760 bar
$m_{F57L} / m_{F57} = 1,25 / 0,82 = 1,52$		$= 1,52$
$V_{F57L} / V_{F57} = 1,08 \cdot 10^{-3} / 7,25 \cdot 10^{-4} \approx 1,50$		$= 1,50$
$W_{F57L} / W_{F57} = 748 / 490,6 = 1,52$		$881 / 578 = 1,52$
$Q_{F57L} / Q_{F57} = 820 / 538 = 1,52$		$974 / 639 = 1,52$
$Q_{F57} / W_{F57} = 538 / 490,6 \approx 1,1$		$639 / 578 = 1,1$
$Q_{ısıtıcı} / W_{ısıtıcı} = 820 / 538 \approx 1,1$		$974 / 881 = 1,1$

Tabla II de :

2360 bar	2760 bar
----------	----------

$$W_{F57L} / W_{F57} = 694,6 / 447,6 = 1,55 \quad \left| \begin{array}{l} 812,4 / 523,4 \\ = 1,55 \end{array} \right.$$

$$\bullet Q_{F57L} / W_{F57L} = 1,1 = \frac{Q_{F57L}}{812,4}$$

$$\parallel (Q_{F57L})_{2760 \text{ bar}} = 893,64 \text{ kJ}$$

$$\bullet Q_{F57} / W_{F57} = 1,1 = \frac{Q_{F57}}{523,4}$$

$$\parallel (Q_{F57})_{2760 \text{ bar}} = 575,74 \text{ kJ}$$

$$\bullet Q_{F57L} / W_{F57L} = 1,1 = \frac{Q_{F57L}}{694,6}$$

$$\parallel (Q_{F57L})_{2360 \text{ bar}} = 764,06 \text{ kJ}$$

$$\bullet Q_{F57} / W_{F57} = 1,1 = \frac{Q_{F57}}{447,6}$$

$$\parallel (Q_{F57})_{2360 \text{ bar}} = 492,36 \text{ kJ}$$

1.1. Katsiyon, Tablo I dan seterusnya

Her iki tabloya baktığımızda; başlangıç değerleri (120 bar basınçta ve 20°C de sıkıştırılmış sıvı CO<sub>2</sub>) aynı kalmak üzere:

- V (m<sup>3</sup>) tüp hacmindeki artış oranına (~1,50) karşılık pelen oranda (~1,52), m<sub>sıvı,CO<sub>2</sub></sub> (kg), Q (kJ) ve W (kJ) değerleride artar.
- Aynı tüplerdeki Q/W oranında ~1,1 kat artar.

Bu bilgilerden sonra yeni bir tüp konstrüksiyonu deniyelim.

Patlama enerjisinin,

$$W_{2760\text{bar}} = 1000 \text{ kJ}$$

olması istensin.

F-777 resmi (S: 304) ve S: 6 mm arkası (Termodinamik çözümleme) incelemirse ① nolu parça,

• L1F57 = 862 mm

L1F57L = 1370 mm.

Yeni F57L tüpü, F57 tüpünün 508mm. uzatılmasıdır.

Biz de aynı şekilde F57 tüpünü öyle uzatılabiliriz ki, W<sub>2760bar</sub> = 1000 kJ patlama enerjisi elde edilebilir. Yeni tüp Föz. ise,

	2760 bar	
	F57	Föz.
$V [m^3]$	$7,25 \cdot 10^{-4}$	$7,25 \cdot 10^{-4} \cdot \underline{1,90} = 1,37 \cdot 10^{-3}$
$m_{sim CO_2} [kg]$	0,82	$0,82 \cdot \underline{1,90} = 1,558$
$W [kJ]$	523,4	1000
$L [m]$	1,245	2,153 (Hesap 5:5)
$G_{töp} [kg]$	12,73	24,68 (Hesap 5:5)

Tablo I ve II incelenirse  $W_{F57L} / W_{F57}$ ,  
 $m_{F57L} / m_{F57}$  ve  $V_{F57L} / V_{F57}$  oranları 1,50... 1,55  
arasında değişiyor

$$\frac{W_{Föz.}}{W_{F57}} = \frac{1000}{523,4} \approx \underline{1,90}$$

Bu oranı, m ve V değerlerine yansıtalım.

$$V_{Föz.} = 1,37 \cdot 10^{-3} m^3$$

S:6 mm arkasından faydalanacak,

$$V_{2F57} = 6,44655 \cdot 10^{-5} m^3 = V_{2Föz.}$$

$$V_{3F57} = 5,874 \cdot 10^{-5} m^3 = V_{3Föz.}$$

$$V_{1Föz} = 1,37 \cdot 10^{-3} = (6,44655 + 5,874) \cdot 10^{-5}$$

$$\| V_{1F57} = 12,32055 \cdot 10^{-5} m^3$$

$$V_{1Föz.} = \frac{\pi \cdot 0,030^2}{4} (L_1 - 0,011) = 12,46 \cdot 10^{-4}$$

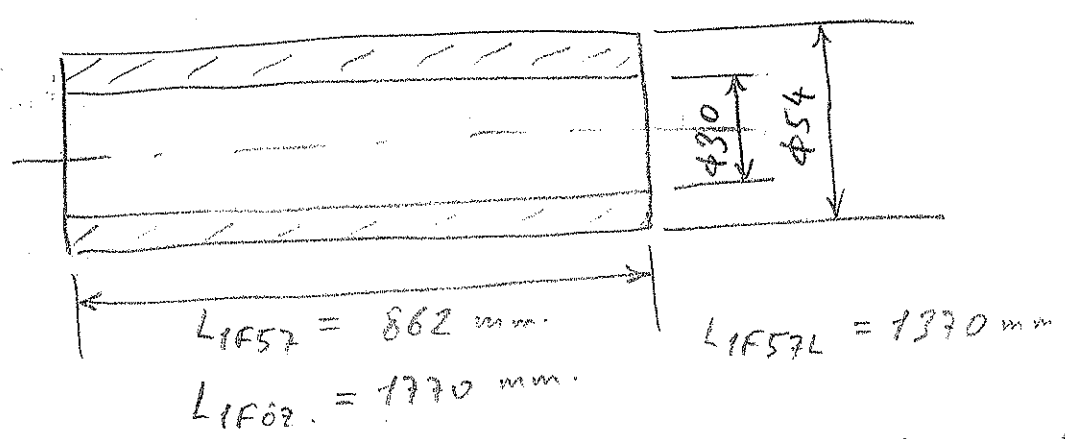
$$L_{1Föz.} - 0,011 = 1,762729$$

$$\parallel L_{1Föz.} = 1,77 \text{ m.}$$

Faydalı uzunluk :

$$96,5 + 74 + 49 + 115 + 1770 + 115 - 66,5 = \underline{\underline{2153 \text{ mm.}}}$$

F57 tüpüne göre ağırlık artışı,



$$G_{artışM} = \frac{\pi}{4} (5,4^2 - 3,0^2) (1770 - 862) \cdot (7,8 \text{ gr/cm}^3)$$

$$G_{artışMalzeme} \approx 11,215 \text{ kp.}$$

$$G_{artışCO_2} = 1,558 - 0,82 = 0,738 \text{ kp.}$$

$$G_{Föz} = 12,73 + 11,215 + 0,738$$

$$\parallel G_{Föz} = 24,68 \text{ kp.}$$

2760 'Po STO

1,558 'm "

1,37 · 10<sup>-3</sup> 'V "

'EQ ENTER TOOL PURGE

'Y1 ENTER TOOL PURGE

A = 1323,45

B = 1318,34

MODE, CHOOSE, ▲ Alperaiib mode, OK, OK,

↵ WIN, ENTER, ↵ Y=, ADD,

$$X^{7,92} - 1323,45 X + 1318,34 = 0$$

X, y<sup>x</sup>, 7,92, ►, -, 1323,45, X, X, +,

1318,34, ENTER, ERASE, DRAW,

FCN, ROOT, ON, ON, MODE, CHOO S,

▼ RPN mode, OK, OK, 'X, STO

Sonuç olarak potansiyel enerjisi,

$$E_k = 1054 \text{ kJ (Hesap tablosu)}$$

olarak bulunur (istenen 1000 kJ idi)

Isitıcının vermesi gereken ısı enerjisi:

$$\frac{Q_{F02}}{W_{F02}} = (1,1)_{\min} (5:1)$$

$$Q_{F02} = 1,1 \cdot 1054$$

$$Q_{F02} = 1160 \text{ kJ}$$

istenilen patlama enerjisine göre, F57 tüp esas alınarak yeni bir tüp konstrüksiyonu hazırlanabilir. Ancak bu patlatmayı gerçekleştirecek olan kimyasal enerji kaynağının (ısıtıcı) "ÖZGÜL ENERJİ" değerinin bilinmesi gerekir ( kJ/kg olarak)

F57		F57L		
2360 bar	2760 bar	2360 bar	2760 bar	
447,6	523,4	694,6	812,4	W [kJ]
492,36	575,74	764,06	893,64	Q [kJ]
D100	D115	D100	D115	Kullanılan ısıtıcı tipi

$$\frac{Q}{W} \approx 1,1 \quad (\text{Sayfa : 1})$$

Q - Isıtıcının vermiş olduğu ısı enerjisi (kJ)  
W - CO<sub>2</sub> fazının yapmış olduğu iş, patlama enerjisi (kJ)

D115 tipi ısıtıcıyı ele alalım :

Isıtıcıda %15'lik kimyasal madde var.

- CARDOX tüpündeki, sıvı CO<sub>2</sub> doluluk basıncı 120 bar değerinden küçük ise, tüp içine yaklaşık 0,001 m<sup>3</sup>/kg özgül hacmi karşılayamayacak şekilde az sıvı CO<sub>2</sub> basılmış demektir. (Termodinamik süreçlere I)
- Isıtıcı reaksiyona girer ancak disk patlamaz birer b... ..



• Isıtıcı reaksiyona girdiği halde patlama - 8  
yan tüp açıldığında, ısıtıcının yandığı ve  
yalnız baş kısmının kaldığı görülür.

• Isıtıcının reaksiyona girmediği hallerde (örneğin,  
iletkenlik problemi gibi) aylarca beklense ve  
tüp açılrsa ısıtıcının sapaşaşlam olduğu görülür.

ÖZET le; ısıtıcı, 120 bar basınç altındaki sıvı CO<sub>2</sub>  
ye vermiş olduğu ısı enerjisi ile sıvı CO<sub>2</sub> yi gaz  
CO<sub>2</sub> haline getirerek (kısa süreli, acilyatifik) disk'ün  
patlama basıncını sağlayabiliyor.

Q ısıtıcı: F57L, 2760 bar = 893,64 kJ (S:7)  
içinde 115 gr kimyasal madde bulunan P115 ısıtıcı  
kullanıldığına göre:

$$\left. \begin{array}{l} 115 \text{ gr.} \\ 1000 \text{ " } \end{array} \right\} \begin{array}{l} 893,64 \text{ kJ} \\ x \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 115 \text{ gr.} \\ 1000 \text{ " } \end{array}} \right\} x = 7771 \text{ kJ/kg}$$

Yani, kimyasal maddenin özgül enerjisi, minimum

$$\| \underline{q_{\text{kimyasal}, 2760 \text{ bar. min}} = 7771 \text{ kJ/kg}}$$

olmalıdır.

irdelenmeye devam edelim.

$$Q_{\text{ısıtıcı}}: F57L, 2360 \text{ bar} = 764,06 \text{ kJ}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ gr. (V100)} \\ 1000 \text{ " } \end{array} \right\} \begin{array}{l} 764,06 \\ x \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 100 \text{ gr. (V100)} \\ 1000 \text{ " } \end{array}} \right\} x = 7640,6 \text{ kJ/kg}$$

$$\| \underline{q_{\text{kimyasal}, 2360 \text{ bar min}} = 7641 \text{ kJ/kg}}$$

$Q_{isiteci} F57, 2760 \text{ bar} = 575,74 \text{ kJ} \approx 576 \text{ kJ}$

$$\left. \begin{array}{l} 115 \text{ er. (D 115)} \\ 1000 \text{ ''} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 575,74 \text{ kJ} \\ \times \end{array} x = 5006 \text{ kJ}$$

$\parallel \rho_{kimyasal}, 2760 \text{ bar min.} = 5006 \text{ kJ/kg.}$

$Q_{isiteci} F57, 2360 \text{ bar} = 492,36 \text{ kJ} \approx 492,4 \text{ kJ}$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ er. (D 100)} \\ 1000 \text{ ''} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 492,4 \text{ kJ} \\ \times \end{array} x = 4920 \text{ kJ}$$

$\parallel \rho_{kimyasal}, 2360 \text{ bar min.} = 4920 \text{ kJ/kg.}$

Tablodakı gösterelim.

$p$ [bar]	F57		F57L	
	2360	2760	2360	2760
$m_{sivi CO_2}$ [kg]	0,82	0,82	1,25	1,25
$Q_{isiteci}$ [kJ]	492,4	575,74	764,06	893,64
$\rho_{kimyasal}$ [kJ/kg]	4920	5006	7641	7771
Isiteci	D100	D115	D100	D115

Isıtıcısı belli olan bir tüp (B20) üzerinde de bir çalışma yapalım.

- Tüpün tipi : B20
- Nominal çap : 45 mm → 51 mm (seçilen)
- Uzunluk : 686 mm
- Ağırlık : 5,45 kg.
- CO<sub>2</sub> şarjı : 0,29 kg.

Patlama basıncı (kg/cm <sup>2</sup> )	1900	2360
Disk kalınlığı (mm)	2,8	3,6
Isıtıcı (Kimyasal enerji kaynağı)	D45	D62,5

Delme matkabının (jackbit) çapı : 51 mm.

Yine mukayese tüpü F57 olsun. B20 tüpünde 2360 bar basıncıda kullanabileceğimizi düşünerek nominal çapı 51 mm seçelim. (F57 deki gibi)

$$m_{\text{sivi CO}_2 \text{ F57}} = 0,82 \text{ kg.}$$

$$m_{\text{sivi CO}_2 \text{ B20}} = 0,29 \text{ kg.}$$

$$\frac{m_{\text{sivi CO}_2 \text{ B20}}}{m_{\text{sivi CO}_2 \text{ F57}}} = \frac{0,29}{0,82} = 0,354$$

Bu oranı W ve V değerlerine yansıtalım.

$$V_{\text{F57}} = V_{\text{B20}} \quad (\text{özgül hacimler eşit})$$

$$\frac{7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}{0,82 \text{ kg. sivi CO}_2} = \frac{V_{\text{B20}} \text{ m}^3}{0,29 \text{ kg. sivi CO}_2}$$

$$V_{B20} = 0,354 \cdot 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\parallel V_{B20} = 2,566 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\left( \frac{W_{B20}}{W_{F57}} \right)_{2360 \text{ bar}} = 0,354$$

$$\frac{W_{B20, 2360 \text{ bar}}}{447,6} = 0,354$$

$$\parallel W_{B20, 2360 \text{ bar}} \approx 160 \text{ kg}$$

① nolu parçanın boyu;

$$V_{2F57} = 6,44655 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{(Termodinamik çözümle} \\ \text{me Not-6)} \end{array}$$

$$V_{3F57} = 5,874 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$V_{1B20} = 2,566 \cdot 10^{-4} - (6,44655 \cdot 10^{-5} + 5,874 \cdot 10^{-5})$$

$$\parallel V_{1B20} = 1,334 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

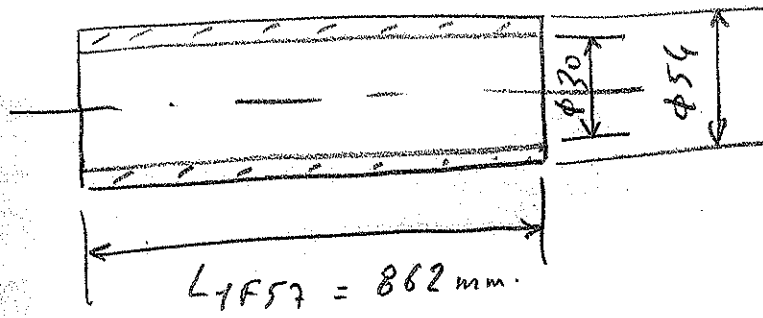
$$V_{1B20} = \frac{\pi \cdot 0,030^2}{4} (L_{1B20} - 0,011) = 1,334 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\parallel L_{1B20} \approx 0,2 \text{ m}$$

Faydalı uzunluk:

$$L_{1B20} = 46,5 + 174 + 49 + 115 + 200 + 115 - 66,5$$

$$\parallel L_{1B20} = 583 \text{ mm}$$



$L_{F57} = 862 \text{ mm.}$   
 $L_{B20} = 200 \text{ mm.}$

veya diğer tip konik siktirma parçası kullanılırsa,

$L_{B20} = 99 + 2 + 19 + 22 + 74 + 49 + 115 + 200 + 115 - 66,5$

$L_{B20} \approx 630 \text{ mm.}$  (Res. F-777)

Görüldüğü gibi katalog değerine (686mm) yakın.

Ağırlığını hesaplıyalım;

F57 tipine göre ağırlık AZALMASI,

$G_{azalma, malzeme} = \frac{\pi}{4} (5,4^2 - 3,0^2) (86,2 - 20) \cdot (7,8 \text{ gr/cm}^3)$

$G_{azalma, malzeme} = 8175,85 \text{ gr} \approx 8,2 \text{ kg.}$

$G_{azalma CO_2} = 9,82 - 0,29 = 9,53 \text{ kg.}$

$G_{B20} = \frac{12,73 - (8,2 + 9,53)}{G_{F57}}$

$G_{B20} = 4 \text{ kg.}$

Katalogta 5,95 kg boy: 686 mm.

Hesabımız 4 kg boy: 583 mm.

Hezabımızca göre oluşan tıpü programlayalım: - 13-

2360 'Po STO

0,29 'm "

$2,566 \cdot 10^{-4}$  'V "

'EQ ENTER TOOL PURGE

'Y1 " " "

$L = 0,0425$  m

$d_1 = \phi 23,5$  mm

$d_2 = \phi 25$  mm

$s = 4,4$  mm

F57 Tıpü değerleri

$$A = 257,05$$

$$B = 251,93$$

$$X^{7,92} - 257,05 X + 251,93 = 0$$

$$X = 2,027$$

Programlayıp çözersek

$$\begin{aligned} E_k &= 140 \text{ kJ} \\ v_2 &= 983 \text{ m/sn.} \end{aligned}$$

elde edilir. Halbuki,

$$W_{B20,2360 \text{ bar}} \approx 160 \text{ kJ} \quad (S:11)$$

olmalıydı.

Patlama enerjisi:

$$W_{B20,2360 \text{ bar}} = 160 \text{ kJ}$$

ile hesabı yeniden yapalım

$$\frac{W_{B20,2360 \text{ bar}}}{W_{F57,2360 \text{ bar}}} = \frac{160}{447,6} = 0,3575$$

(Daha önce bildirilenler için, 0,356 idi S:10/)

$$\frac{m_{\text{SiVI CO}_2, B20}}{m_{\text{SiVI CO}_2, F57}} = \frac{m_{\text{SiVI CO}_2, B20}}{0,82 \text{ kg}} = 0,3575$$

$$\| \underline{m_{\text{SiVI CO}_2, B20} \approx 0,293 \text{ kg.}}$$

$$V_{F57} = V_{B20}$$

$$\frac{7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}{0,82 \text{ kg} \cdot \text{SiVI CO}_2} = \frac{V_{B20} \text{ m}^3}{0,293 \text{ kg} \cdot \text{SiVI CO}_2}$$

$$\| \underline{V_{B20} = 2,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$V_{1B20} = 2,59 \cdot 10^{-4} - (6,44655 \cdot 10^{-5} + 5,874 \cdot 10^{-5})$$

$$V_{1B20} \approx 1,358 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$1,358 \cdot 10^{-4} = \frac{\pi \cdot 0,030^2}{4} (L_{1B20} - 0,011)$$

$$\| \underline{L_{1B20} \approx 0,203 \text{ m.}}$$

$$\| \underline{L_{1B20} = 586 \text{ mm. (S: 11)}}$$

$$G_{\text{air, mel.}} = \frac{\pi}{4} (5,4^2 - 3,0^2) (86,2 - 20,3) \cdot 7,8$$

$$G_{\text{air, mel.}} \approx 8,14 \text{ kg.}$$

$$G_{\text{air, CO}_2} = 0,82 - 0,293$$

$$G_{\text{air, CO}_2} = 0,527 \text{ kg}$$

$$G_{B20} = 12,73 - (8,14 + 0,527)$$

$$\| \underline{G_{B20}} \approx 4,1 \text{ kg}$$

2360 'P<sub>0</sub> STO

0,293 'm "

$2,59 \cdot 10^{-4}$  'V "

'EQ ENTER TOOL PURGE

'Y1 " " "

$$A = 259,35$$

$$B = 254,23$$

$$x^{7,92} - 259,35 x + 254,23 = 0$$

$$x = 2,029$$

$$\| \underline{E_k} = 141,53 \text{ kJ}$$

Termodinamik çözümlemede (S:23 arkası);

$$P_1 = 12 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 295^\circ \text{K}$$

$$\rho_s = 8,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$$

dolum değerlerinde,

Dolum hacminin (V) veya dolum miktarının (m) artması (azalması) sırasında, patlama enerjisi (W) de artar (azalır). Disk patlatma basınçları aynı olmak şartıyla.



Bu h zirl tm s n sonra, F57 f p nden d sh  k f k partlam  enerjisi bir t p d f nelim.

$$W'_{F z, 2360bar} = 200 \text{ kJ (istensin)}$$

$$\frac{W'_{F z, 2360bar}}{W_{F57, 2360bar}} = \frac{200}{447,6} \approx 0,45$$

$$V = 7,25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,45 = 3,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m = 0,82 \cdot 0,45 \approx 0,37 \text{ kg}$$

2360 'P<sub>0</sub> STO

0,37 'm "

3,26 · 10<sup>-4</sup> 'V "

'EQ ENTER TOOL PURGE

'Y1 ENTER " "

$$A = 323,54$$

$$B = 318,42$$

$$7,92$$
$$X - 323,54 \cdot X + 318,42 = 0$$

$$X = 2,1$$

$$E_k = 183,4 \text{ kJ}$$

200 kJ elde edemedik ancak yaklaşık (183,4 kJ)

$$V = 7,25 \cdot 10^{-4} \cdot (0,50) = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m = 0,82 \cdot (0,50) = 0,41 \text{ kg}$$

↓ (Yeni sesilen oran)

$$x^{7,92} - 356,1 x + 351 = 0$$

$$x = 2,132$$

$$\parallel E_k = 205 \text{ kJ}$$

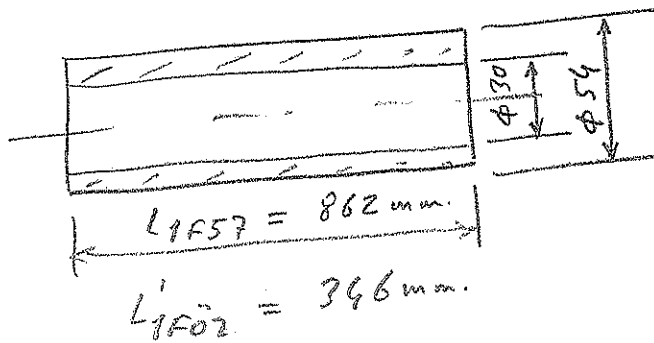
Tüpün boy ve ağırlığı (S: 11... 12)

$$V'_{För.} = 3,6 \cdot 10^{-4} - (6,44655 \cdot 10^{-5} + 5,874 \cdot 10^{-5})$$

$$V'_{För.} = 2,368 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V'_{För.} = \frac{\pi \cdot 0,030^2}{4} (L'_{För.} - 0,011) = 2,368 \cdot 10^{-4}$$

$$\parallel L'_{För.} = 0,346 \text{ m}$$



$$L'_{För.} = 96,5 + 74 + 49 + 115 + 346 + 115 - 66,5$$

$$\parallel (L'_{För})_{För.} = 729 \text{ mm}$$

$$\text{Gazalın miktarı} = \frac{\pi}{4} (5,4^2 - 3,0^2) (86,2 - 34,6) (7,8 \text{ gr/cm}^3)$$

$$\parallel \text{Gazalın miktarı} = 6972,72 \text{ gr.} = 5,373 \text{ kg}$$

$$\parallel G_{azulmae, CO_2} = 0,82 - 0,41 = 0,41 \text{ kg}$$

$$G_{F'oz.} = 12,73 - (6,373 + 0,41)$$

$$\parallel G_{F'oz.} \approx 6 \text{ kg}$$

Sonuç:

- Tüpün tipi : F'öz.
- Nominal çap :  $\phi 51$  (Anz pörde  $\phi 54$ )
- Uzunluk : 729 mm. (Faydalı)
- Ağırlık : 6 kg.
- CO<sub>2</sub> sarfı : 0,41 kg.

2360 bar basın için patlama enerjisi:

$$\parallel E_k = 205 \text{ kJ}$$

CARDOX tüpünün ağırlık ve boy PROGRAMI (HP50g)

F57 tüpü ESAS alınmıştır.

$$m = 0,82 \text{ kg sıvı CO}_2$$

$$V_{hesap} = 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ (Tüp dolun hacmi)}$$

$$\left. \begin{aligned} E_{k2360 \text{ bar}} &= 447,6 \text{ kJ} \\ E_{k2300 \text{ bar}} &= 523,4 \text{ kJ} \end{aligned} \right\} \text{ Patlama enerjisi (hesap)}$$

W - istenen patlama enerjisi [kJ]

-19-

$$\left( \frac{W_{\text{istenen}}}{447,6} \right)_{2360 \text{ bar}} = d_{2360 \text{ bar}}$$

$$\left( \frac{W_{\text{istenen}}}{523,4} \right)_{2760 \text{ bar}} = d_{2760 \text{ bar}}$$

• 2360 'P<sub>0</sub> STO

$$0,82 \cdot d_{2360 \text{ bar}} = \dots \text{'m STO}$$

$$7,25 \cdot 10^{-4} \cdot d_{2360 \text{ bar}} = \dots \text{'V STO}$$

• 2760 'P<sub>0</sub> STO

$$0,82 \cdot d_{2760 \text{ bar}} = \dots \text{'m STO}$$

$$7,25 \cdot 10^{-4} \cdot d_{2760 \text{ bar}} = \dots \text{'V STO}$$

• 'EQ ENTER TOOL PURGE

• 'Y1 ENTER TOOL PURGE

(Sayfa : 6)

• Ek bulunur.

Ağırlık ve boy programı (Yeni bir tüp konstrüksiyonu için) :

KOLAYLIK olmak üzere sadece F57 tüpünün

orta parçasında değişiklik yapılacak ve elde edilen orta parçanın uzunluğuna (Lit) göre, F57 tüpünün boyu; uzatarak (ağırlığı artacak) veya kısaltarak (ağırlığı azaltacak).

# CARDOX Tüpü

## Ağırlık ve Boy Hesabı

-II-

*[Handwritten signature]*

- Patlama enerjisi ( $E_{p0}$ )
- Tüpün, sıvı  $CO_2$ ,
  - Dolun hacmi (V)
  - Dolun miktarı (m)
  - Isıtma enerjisi ( $Q_{ısı}$ )
- Tüp, dış yüzeyinde ısınma kontrolü

Orta parçanın hacmi,

$$V_{1t} = V - (V_{2t} + V_{3t}) \quad (5:4)$$

$$V_{1t} = V - (6,44655 \cdot 10^{-5} + 5,874 \cdot 10^{-5})$$

$$V_{1t} = V - 12,32055 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Diğer taraftan,

$$V_{1t} = \frac{\pi d^2}{4} (L_{1t} - 0,011)$$

$$V - 12,32055 \cdot 10^{-5} = \frac{\pi \cdot 0,03^2}{4} (L_{1t} - 0,011)$$

$$1414,71 \cdot V - 0,1743 = L_{1t} - 0,011$$

$$\| \underline{L_{1t} = 1414,71 \cdot V - 0,1633 \text{ [m]}}$$

F57 tüpünün, faydalı uzunluğundan (1245 mm)

orta parçanın boyunu (862 mm) çıkaralım. Orta parçasız faydalı uzunluk bulunur. Bu fark değerine elde edilen yeni orta parça uzunluğu  $L_{1t}$  eklenirse yeni faydalı uzunluk bulunur.

F57 tüpün faydalı boyu : 1245 mm

F57 " orta parça boyu : 862 mm

Yeni konstrüksiyon tüpün faydalı uzunluğu,

$$L_{fay} = 1245 - 862 + L_{1t} \cdot 1000$$

$$\| \underline{L_{fay} = 383 + L_{1t} \cdot 1000 \text{ [mm]}}$$

Programlıyalım ;

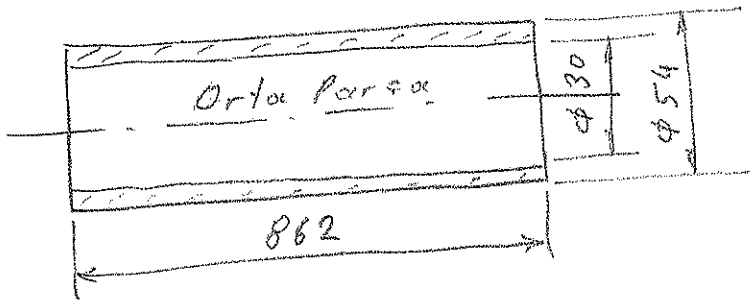
↪ " " , ' , V , X , 1414,71 , - , 0,1633

▶ , ▶ , ↪ NUM , ENTER , ' α L , 1 , α T , STO  
Lit

↪ " " , ' , Lit , X , 1000 , + , 383

▶ , ↪ NUM , ENTER , ' α L , α T E , α T A , α T Y ,  
L fay  
STO

Yeni konstrüksiyon tüpün ağırlığını da aynı ölçüsun-  
ceyle hesaplıyalım.



Orta parçacın ağırlığı ;

$$G_{orta} = \frac{\pi}{4} (5,4^2 - 3,0^2) 86,2 \cdot (7,8 \text{ gr/cm}^3)$$

||  $G_{orta} = 10646 \text{ gr.}$

Orta parçacın ve CO<sub>2</sub> siz tüp ağırlığı

$$G_{bos} = 12,73 \text{ kg} - (10,646 + 0,82)$$

Top ağırlığı  
Çalıtı. CO<sub>2</sub> ağırlığı

||  $G_{bos} = 1,264 \text{ kg}$





2960 'P<sub>0</sub> STO

0,82 · 1,55 = 1,271 'm STO

7,25 · 10<sup>-6</sup> · 1,55 = 1,124 · 10<sup>-3</sup> 'V STO

'EQ ENTER TOOL PURGE

'Y1 " " :

A = 1087,61

B = 1082,5

<sup>7,92</sup>  
X - 1087,61 X + 1082,5 = 0

X = 2,5578 'X STO

|| E<sub>k</sub> = 725,5 kJ

|| L<sub>tt</sub> = 1,4265 m.

|| L<sub>fat</sub> = 1809,5 mm.

|| G<sub>yen</sub> = 20,15 ke.

Yeni hesaplanan F57L ile perçek F57L tüplerinin karşılaştırılması 5:24 te gösterilmektedir.

Karşılaştırma

2360 bar:	FARK	F57L (Gerçek)	F57L (Hesap)
m [kg]	0,021	1,25	1,271
V [m <sup>3</sup> ]	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-3}$	$1,124 \cdot 10^{-3}$
Ek [kJ]	30,9	694,6	725,5
L <sub>fac.</sub> [m]	0,056	1,753	1,809
G [kg]	0,15	20	20,15

Tablo incelendiğinde, Ek dışındaki değerler çok yakın

Şimdi, 1998 yılında fizdiğimiz özel CARDOX değerj kofasını ele alalım. (imalatı yapıldı, ancak denenmedi ?). (F57) 2360 bar TÜP için :

Sıvı CO<sub>2</sub> dolun hacmi,

$$V = 7,25 \cdot 10^{-4} + 1,8434 \cdot 10^{-5} m^3 + \frac{\pi}{4} \cdot 10^{-9} (30^2 \cdot 17 + 11^2 \cdot 37,75 + 23,5^2 \cdot 14,5)$$

$$\parallel V = 7,65 \cdot 10^{-4} m^3$$

Dolum miktarı,

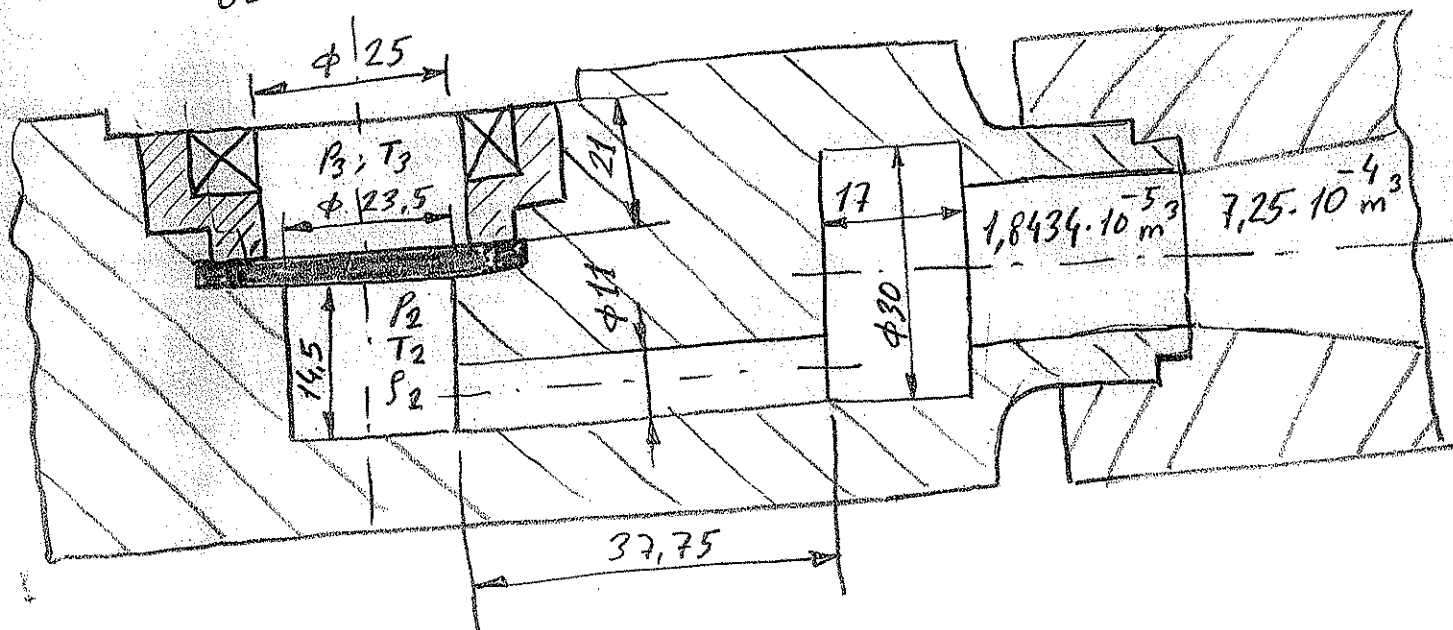
Özgül hacim,

$$\rho = 8,84 \cdot 10^4 m^3/kg$$

$$7,65 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$m = \frac{7,65 \cdot 10^{-4} m^3}{8,84 \cdot 10^4 m^3/kg}$$

ÖZEL Deşarj kofası (CARDOX)



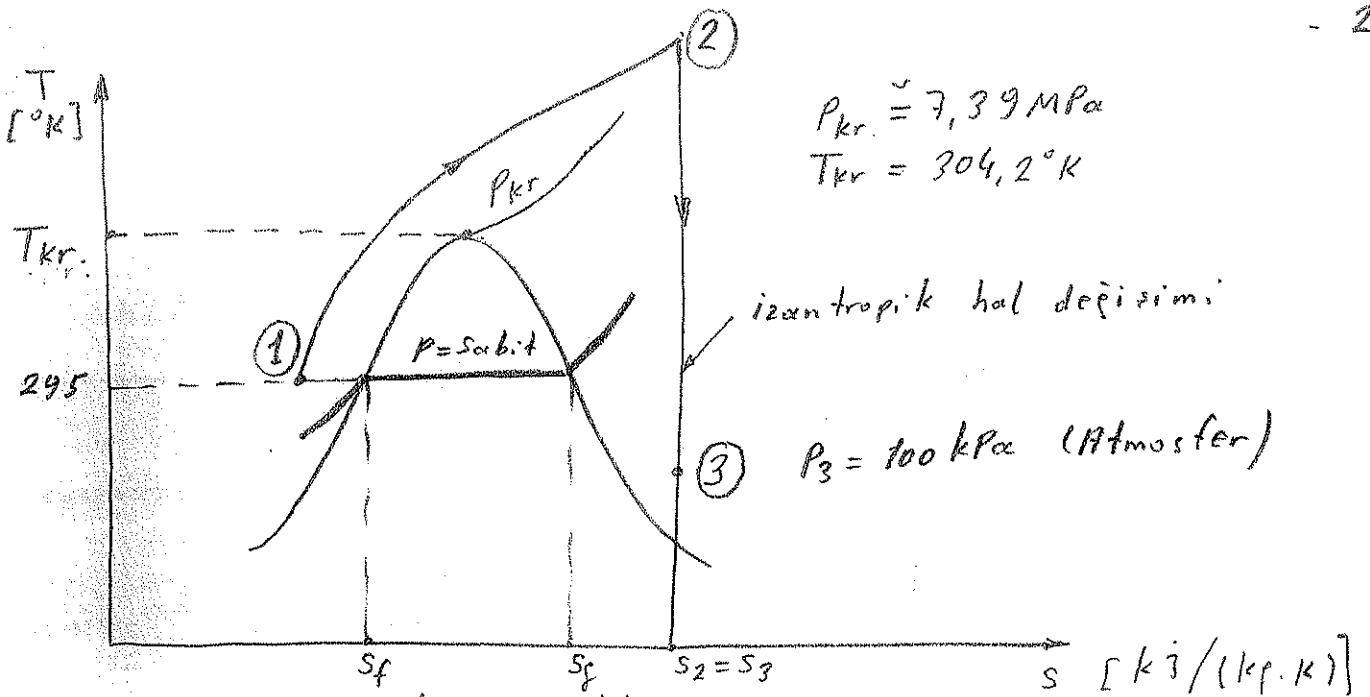
$$\| m = 0,8654 \text{ kg}$$

$$s_0 = \frac{1}{v_0} = \frac{1}{8,84 \cdot 10^{-4}}$$

$$\| s_0 = 1131 \text{ kg/m}^3 \quad (= \rho_1 = \rho_2)$$

$$T_2 = \frac{p_2}{R \cdot \rho_2} = \frac{2360 \cdot 10^5}{188,9 \cdot 1131}$$

$$\| T_2 = 1104,6 \text{ } ^\circ\text{K}$$



Akışkanın ait özellikler :

① Hali :

S, kıstırılmış sıvı  $\text{CO}_2$

$$P_1 = 120 \text{ bar} = 12 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 295^\circ \text{K}$$

$$v_{\text{dişörüm}} = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_{\text{persek}} = 8,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg} \rightarrow \rho_{\text{persek}} = 1131 \text{ kg/m}^3$$

$$V_1 = 7,65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m_1 = 0,8654 \text{ kg sıvı } \text{CO}_2$$

② Hali (Gaz  $\text{CO}_2$ ), Isıtıcının verdiği ısı enerjisi ile;

$$P_2 = 2360 \text{ bar}$$

$$T_2 = 1104,6^\circ \text{K}$$

$$\rho_2 = 1131 \text{ kg/m}^3$$

$$v_2 = 8,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg} \text{ (sabit haccimde hal deęisiđimi)}$$

②-③ Hal deęisiđimi

$$P_3 = 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

$$s_3 = s_2 \text{ (Hesabı, Termodinamik sırumleme s: 19)}$$

$$T_3 = 193,6^\circ \text{K}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \left( \frac{P_3}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$T_3 = 1104,6 \left( \frac{1}{2360} \right)^{\frac{1,289-1}{1,289}}$$

$$\| T_3 = 193,6^\circ\text{K}$$

①-② Hal değişimi kapalı sistem (Henüz disk patlamadı.) Termodinamiğin 1. yasası;

$$Q - W^{\rightarrow 0} = \Delta E = \Delta U + \Delta KE^{\rightarrow 0} + \Delta PE^{\rightarrow 0}$$

$$\| Q_{12} = \Delta U = m(u_2 - u_1) \quad kJ$$

Isıtıcının vermiş olduğu ısıdır. (Hesabı: Ter. Föz. S: 13)

②-③ Hal değişimi,

Disk patladı, gaz  $\text{CO}_2$  adyabatik olarak genişleyerek çevre koşullarına gelmesi sırasında yaptığı iş, basınçlı gaz  $\text{CO}_2$ 'nin patlama enerjisi diye tanımlanabilir. Patlamanın çok kısa bir süre olması ve sonrasında oluşan denge hali, patlamanın kinetik ve potansiyel enerji değişimlerinin ihmal edildiği adyabatik bir hal değişimi olarak ele alınmasını gerektirir. Kapalı sistem için enerjinin korunumu denklemi,

$$Q_{23} - W_{23} = (\Delta U)_{23} = m(u_3 - u_2)$$

$$W_{23} = m(u_2 - u_3)$$

$$du = C_v(T) dT$$

$$W_{23} = m C_v (T_2 - T_3)$$

$$W_{23} = 0,8654 \text{ kg} \cdot 0,657 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} (1104,6 - 193,6) \text{ K}$$

$$\parallel W_{23} = 518 \text{ kJ}$$

Not	$E_{\text{patlama}} = \frac{P_2}{k-1} \left(1 - \frac{T_3}{T_2}\right) V$ (APK.5.12)
$E_{\text{patlama}}$	$= \frac{236000}{1,289-1} \left(1 - \frac{193,6}{1104,6}\right) 7,65 \cdot 10^{-4}$
$E_{\text{patlama}}$	$\approx 515 \text{ kJ}$

bulunur. Gaz  $\text{CO}_2$  nin deşarj kafesindeki çevre koşullarına atılması (Genişlemesi) ile elde edilen patlama enerjisi;

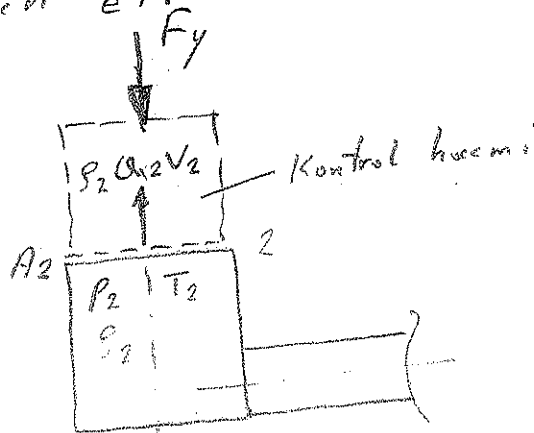
$$W_{23} = \frac{1}{2} m V_2^2$$

olarak yazılırsa, gaz  $\text{CO}_2$  nin deşarj kafesindeki çıkış hızı,

$$518000 \text{ J (=Nm)} = \frac{1}{2} 0,8654 \text{ kg} \cdot V_2^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)$$

$$\parallel V_2 = 1094 \text{ m/sn.}$$

Akış kuvveti etki kuvvetini ( $F_y$ ) bulalım;



Kontrol hacmine hareket miktarı (momentumun korunumu) teoremini uygulayalım.

y- eksenini boyunca :

$$\sum F_y = \sum (\rho Q V)_{\epsilon y} - \sum (\rho Q V)_{\rho y}$$

$$- F_y + A_2 \cdot P_2 = 0 - \rho_2 Q_2 V_2$$

$$F_y = A_2 P_2 + \rho_2 \frac{A_2 V_2^2}{Q_2}$$

$$F_y = A_2 (P_2 + \rho_2 V_2^2)$$

$$F_{y_{max}} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \left( \underbrace{2360 \cdot 10^5}_{(N/m^2)} + \underbrace{1131 \cdot 1094^2}_{(N/m^2)} \right)$$

$$\| F_{y_{max}} \approx 780304 \text{ N} \approx 78 \text{ tonk}$$

Aktışkan etki kuvveti, diskten patladığı kesitte hesaplandığından Max. değerdedir. 21 mm sonrasi çıkış kesitinde ise bu değer biraz daha azalır (Hesaplanabilir).

Bu özel değerler kofasının en büyük avantajı -

•  $F_{y_{max}} \approx 78 \text{ ton kuvvet}$

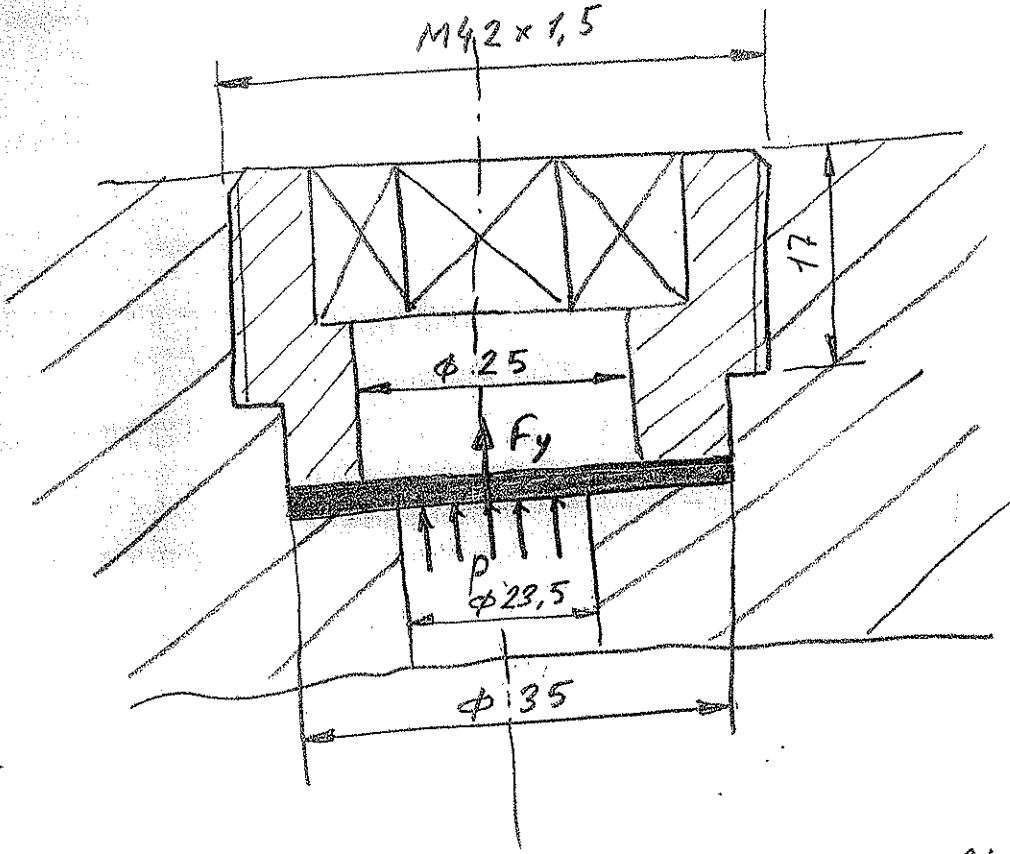
•  $F_x = 0$  (Eksenel itme kuvveti)

olup diğer değerler kofalarında,

$$(F_y)_{2360 \text{ bar}} \approx 3 \text{ ton kuvvet}$$

$$(F_x)_{2360 \text{ bar}} \approx 10,5 \text{ ton kuvvet}$$

ciğerinde



$F_{y \max. 2360 \text{ bar}} \approx 800000 \text{ N}$  Akışkan etki kuvveti.

Disk'e etkileyen kuvvet,

$$F_{2360 \text{ bar}} = 23600 \text{ N/cm}^2 \cdot \left( \frac{\pi}{4} \cdot 2,35^2 \text{ cm}^2 \right)$$

$$\Rightarrow F_{2360 \text{ bar}} \approx 102362 \text{ N}$$

Tapa yı somun fihi düşünüp yüksekliğini bulalım.

M42 x 1,5

Gömme altı köşe başlı somun;

Yükseklik (M.SAVCI - M.AKKURT Makina Elementleri);

$$m = z \cdot h \geq \frac{F \cdot h}{\pi \cdot d_2 \cdot t_1 \cdot \rho_{em}} \quad (6.30)$$

h - Matve (= 7,5 mm)

d - Vidanın dış çapı (= Nominal çap = 42 mm)

d<sub>2</sub> - Vidanın dış dibi çapı (= 35,750 mm Cetvel (6.3))

t<sub>1</sub> - Piş yüksekliği = (d - d<sub>1</sub>) / 2



$d_2$  - Ortalama çap (= 39,077 mm. Cetvel 6.3)

$z$  - Somun diş sayısı

Civorta çelik, somun çelik veya bronz :

$$m \approx (0,8 \dots 1) \cdot d$$

$$p_{em} \approx 0,25 \sigma_{AK} \quad (\sigma_{AK} - \text{Akma gerilmesi. Civorta malzemesine ait})$$

$t_1$  - Diş yüksekliği

$$t_1 = (d - d_1) / 2$$

(6.30) Formülünü ele alalım.

$$m \geq \frac{F \cdot h}{\pi \cdot d_2 \cdot t_1 \cdot p_{em}} = \frac{F \cdot h}{\pi \left(\frac{d+d_1}{2}\right) \left(\frac{d-d_1}{2}\right) \cdot p_{em}}$$

$$m \geq \frac{4 \cdot F \cdot h}{\pi (d^2 - d_1^2) \cdot p_{em}} \quad (7.14)$$

Yazılır.

Bağlantının rijit olduğuna yani ek  $F_2$  kuvvetinin oluşmadığını kabul edelim.

$$\left(\frac{F_{ön}}{F_{is}}\right)_{\text{ortalama}} = 2,5 \dots 3,5$$

$F_{ön}$  - Eksenel sıkma kuvveti (Ön gerilme kuvveti)

$F_{is}$  - Nominal kuvvet (işletme kuvveti)

$F_{top}$  - Toplam kuvvet

$$F_{top} = F_{ön} + F_2 \approx F_{ön}$$

$$F_{top} = F_{ön} \approx 3 \cdot F_{iş} = 3 \cdot 102362 \text{ N}$$

$$\parallel \underline{F_{top} \approx 300000 \text{ N.}}$$

$P_{em}$  - Emniyetle taşınabilecek yüzey basıncı

Civata	Somun	$P_{em}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Çelik	Çelik	50 ... 80
	D. Demir	30 ... 50
	Bronz	80 ... 120
İslah çeliği	Bronz	100 ... 140

Çizelge 7.3 - Vidalar mekanizmaları için  $P_{em}$  değerleri

Ayrıca, Niemann - Maschinenelemente S: 215;

$$P_{em} = 5 \dots 15 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Bronz somun} \quad \left. \vphantom{P_{em}} \right\} \text{ civata çelik}$$

$$P_{em} = 3 \dots 8 \text{ N/mm}^2 \quad \text{GG-somun}$$

Durumlar şunlardır;

- Küçük değerler sürekli işletmeler içindir.
- Büyük değerler kesintili işletmeler içindir.

Tochtermann / Bodenstein S: 175;

Civata / somun çiftine göre  $P_{em}$  değerlerini aşağıdaki tabloda vermiştir.

Malzeme		Pem. [kp/cm <sup>2</sup> ]
Civata	Somun	
Az karbonlu çelik (Yumuşak çelik)	İslah çeliği, Dökme demir veya Bronz	75... 100
İslah çeliği (sert çelik)	Bronz	150'ye kadar

İslah çeliği / Bronz - Civata / somun malzeme

çiftine göre: Pem. = 150 kp/cm<sup>2</sup>

$$m \geq \frac{4 F \cdot h}{\pi (d^2 - d_1^2) \cdot Pem.} = \frac{4 \cdot (300000 \text{ N}) \cdot (0,15 \text{ cm})}{\pi [(4,2 \text{ cm})^2 - (3,575 \text{ cm})^2] (1500 \text{ N/cm}^2)}$$

$$m \geq 7,8 \text{ cm}$$

$$\| \underline{m = 80 \text{ mm.}}$$

Somun yüksekliği (=1,7 mm) az geldi. Tersten  
gidelim;

$$1,7 \text{ cm} = \frac{4 \cdot F_{top} \cdot 0,15}{\pi (4,2^2 - 3,575^2) \cdot 1500}$$

$$F_{top} = 64881 \text{ N}$$

$$F_{is} = F_{top} / 3 \quad \rightarrow \quad F_{is} = \frac{64881 \text{ N}}{3}$$

$$\| \underline{F_{is}} = 21627 \text{ N.}$$

$$F_{is} = P \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$21627 \text{ N} = P [\text{N/cm}^2] \cdot \frac{\pi \cdot (2,35 \text{ cm})^2}{4}$$

$$\| \underline{P \approx 5000 \text{ N/cm}^2}$$

Çok küçük bir değer. Konu üzerinde yeniden ÇALIŞILACAK

E/le edilen, "Patlama enerjisi" değerlerini yeniden ele alalım ve bir tabloda gösterelim

Önce hatırlayalım :

$$E_{\text{patlama}} = \frac{P_2}{k-1} \left( 1 - \frac{T_3}{T_2} \right) \cdot V \quad (S: 12 \text{ TÖ/KS})$$

$$(E_{\text{pat}})_{P57,2360 \text{ bar}} = \frac{236000}{1,289-1} \left( 1 - \frac{193,6}{1104,4} \right) \cdot 7,25 \cdot 10^{-4}$$

$$\| (E_{\text{pat}})_{P57,2360 \text{ bar}} = 488 \text{ kJ}$$

$$(E_{\text{pat}})_{P57,2760 \text{ bar}} = \frac{276000}{1,289-1} \left( 1 - \frac{219}{1291,6} \right) \cdot 7,25 \cdot 10^{-4}$$

$$\| (E_{\text{pat}})_{P57,2760 \text{ bar}} = 575 \text{ kJ}$$

$$(E_{\text{pat}})_{P57,2360 \text{ bar}} = \frac{236000}{1,289-1} \left( 1 - \frac{193,6}{1104,4} \right) \cdot 1,08 \cdot 10^{-3}$$

$$= 727 \text{ kJ}$$

$$(E_{\text{pat}})_{P57,2760 \text{ bar}} = \frac{276000}{1,289-1} \left( 1 - \frac{219}{1291,6} \right) \cdot 1,08 \cdot 10^{-3}$$

$$= 856 \text{ kJ}$$

[kJ]	2360 bar		2760 bar	
	F57	F57L	F57	F57L
$W_{\text{termodinamik}}$	490,6	748	578	881
$W_{\text{HP50g}}$	447,6	694,6	523,4	812,4
$E_{\text{patlatma, term.}}$	488	727	575	856
$V \text{ [m}^3\text{]}$	$7,25 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-3}$	$7,25 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-3}$
$m_{\text{SiVI, CO}_2} \text{ [kg]}$	0,82	1,25	0,82	1,25

$$E_{\text{pat}} = \frac{P_2}{k-1} \left(1 - \frac{T_3}{T_2}\right) \cdot V$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{1}{P_2}\right)^{\frac{1,289-1}{1,289}}$$

$$E_{\text{pat}} = \frac{P_2 \cdot 100}{1,289-1} \left[1 - \left(\frac{1}{P_2}\right)^{\frac{0,289}{1,289}}\right] \cdot V$$

$$E_{\text{pat}} = 346 \cdot P_2 \left[1 - \left(\frac{1}{P_2}\right)^{0,224}\right] \cdot V$$

$$E_{\text{pat}} = 346 \left[P_2 - P_2 \cdot P_2^{-0,224}\right] \cdot V$$

$$\| E_{\text{yeni}} = E_{\text{pat}} = 346 \left(P_2 - P_2^{0,776}\right) \cdot V = 346 \left(P_0 - P_0^{0,776}\right) \cdot V_{\text{yeni}}$$

$E_{\text{pat}}$	$P_2$	$V$
kJ	bar	$\text{m}^3$

oldu adli ve,

$$\left(\frac{m_{\text{SiVI, CO}_2}}{P_2}\right)_{\text{yeni}} = \frac{V_{\text{yeni}}}{V_0} = \frac{V_{\text{yeni}} \text{ [m}^3\text{]}}{8,84 \cdot 10^{-6} \text{ [m}^3\text{/kg]}} = 1131 \cdot V_{\text{yeni}}$$

herneyse

$E_{yeni} = E_{part. 2760bar} = 1000 \text{ kg istensi}$

$1000 = 346 (2760 - 2760^{0,776}) \cdot V_{yeni}$

$V_{yeni} = V_{1000kg, 2760bar} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (S:4 } 1,37 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)$

$m_{yeni} = m_{sivi CO2} = \frac{1,26 \cdot 10^{-3}}{8,84 \cdot 10^{-4}} = 1131 \cdot 1,26 \cdot 10^{-3}$

$m_{yeni} = m_{sivi, CO2} = 1,42 \text{ kg. (S:4 } 1,558 \text{ kg.)}$

veya,  $E_{part. 2360bar} = 346 (2360 - 2360^{0,776}) \cdot V_{yeni, 2360bar}$

$V_{yeni, 2360bar} = 1,485 \cdot 10^{-6} \cdot E_{part. 2360bar}$

$E_{part, 2760bar} = 346 (2760 - 2760^{0,776}) \cdot V_{yeni, 2760bar}$

$V_{yeni, 2760bar} = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot E_{part. 2760bar}$

$m_{yeni, 2360bar} = \frac{1,485 \cdot 10^{-6}}{8,84 \cdot 10^{-4}} \cdot E_{part. 2360bar}$

$m_{yeni, 2360bar} = 1,680 \cdot 10^{-3} \cdot E_{part. 2360bar}$

$m_{yeni, 2760bar} = \frac{1,26 \cdot 10^{-6}}{8,84 \cdot 10^{-4}} \cdot E_{part. 2760bar}$

$m_{yeni, 2760bar} = 1,425 \cdot 10^{-3} \cdot E_{part. 2760bar}$

Ornak

$m_{yeni, 2360bar} = 1,680 \cdot 10^{-3} \cdot 488 = 0,82 \text{ kg.}$

$m_{yeni, 2760bar} = 1,680 \cdot 10^{-3} \cdot 727 = 1,22 \text{ kg. (Ger. sekke } 1,25 \text{ kg.)}$

$m_{yeni}, F57, 2760 \text{ bar} = 1,425 \cdot 10^{-3} \cdot 575 = 0,82 \text{ kg}$

$m_{yeni}, F57L, 2760 \text{ bar} = 1,425 \cdot 10^{-3} \cdot 856 = 1,22 \text{ kg}$  (Gersek: 1,25 kg)

TÜPÜN TİPİ  
ÖNEMLİ DEĞİL

$$E_{P_0} = 346 (P_0 - P_0^{0,776}) \cdot V \quad (1)$$

$$V = 2,9 \cdot 10^{-3} E_{P_0} (P_0 - P_0^{0,776})^{-1} \quad (2)$$

$E_{P_0}$	$P_0$	$V$
kJ	bar	$m^3$

$E_{P_0} = 488 \text{ kJ}, P_0 = 2360 \text{ bar} \rightarrow V = 7,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$   
(Gersek:  $7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ )

$V = 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3, P_0 = 2360 \text{ bar} \rightarrow E_{P_0} = 488 \text{ kJ}$   
(Gersek: 488 kJ)

$V = 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3, P_0 = 2760 \text{ bar} \rightarrow E_{P_0} = 575 \text{ kJ}$   
(Gersek: 575 kJ)

$E_{P_0} = 575 \text{ kJ}, P_0 = 2760 \text{ bar} \rightarrow V = 7,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$   
(Gersek:  $7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ )

$V = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, P_0 = 2360 \text{ bar} \rightarrow E_{P_0} = 727 \text{ kJ}$   
(Gersek: 727 kJ)

$E_{P_0} = 727 \text{ kJ}, P_0 = 2360 \text{ bar} \rightarrow V = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$   
(Gersek:  $1,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ )

$V = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, P_0 = 2760 \text{ bar} \rightarrow E_{P_0} = 856 \text{ kJ}$   
(Gersek: 856 kJ)

$E_{P_0} = 856 \text{ kJ}, P_0 = 2760 \text{ bar} \rightarrow V = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$   
(Gersek:  $1,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ )

Verilenler                      istenen

$V, P_0$                        $E_{P_0}$  (Eşitlik 1) } Kullanılır.  
 $E_{P_0}, P_0$                        $V$  (Eşitlik 2) }  
 dolayısıyla  $m$  (Eşit. 3)

CPRDOK tüp tasarımı yapılacaktır.

$$V = 2,9 \cdot 10^{-3} E_{P_0} / (P_0 - P_0^{0,776})$$

excel ile bir program yazalım.

488 'αE, αP, αT0 STO (Epo yazıldı.)

→ " " , 2,9.10<sup>-3</sup> , x , Epo , ÷ , ( ) , P0 , - ,  
P0 , y<sup>x</sup> , 0,776 , ▶ ▶ → NUM , ENTER , 'V , STO

488 'Epo STO (Epo = 488 kJ)

2360 'P0 STO

$V = 7,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$  (7,25.10<sup>-4</sup>)

$L_{tt} = 0,867 \text{ m}$  (862 mm)

$L_{fay.} = 1250 \text{ mm}$  (1245 mm)

} (Φ54/Φ30 tüpler için)

Eld edilen

Gerek

Sıvı CO<sub>2</sub> miktarı ;

$$m = \frac{V [\text{m}^3]}{v_0 [\text{m}^3/\text{kg}]} = \frac{V}{8,84 \cdot 10^{-4}} = 1131 \cdot V \quad (3)$$

TÜPÜN TİPİ ÖNEMLİ DEĞİL

m	V
kg	m <sup>3</sup>

Programlatım

→ " " , 1131 , x , V , ▶ , → NUM  
ENTER , 'm STO

$m = 0,82 \text{ kg}$

0,82 kg (Tüp tipi önemli değil)

$G_{yen.} = 12,8 \text{ kg}$

12,73 kg (Φ54/Φ30 tüpler için)

Eld edilen

Gerek

ÖNEMLİ NOT (x : Φ54/Φ30 mm tüpler için)

İSTENEN PATLAMA ENERJİSİ (Epo) ve PATLAMA BASINCI (P0) ile

- \* Tüpün hacmi V [m<sup>3</sup>]
- \* Tüp orta parçasının uzunluğu L<sub>tt</sub> [m]
- \* Tüpün faydalı uzunluğu L<sub>fay.</sub> [mm]
- \* Sıvı CO<sub>2</sub> miktarı m [kg]
- \* Tüpün toplam ağırlığı G<sub>yen.</sub> [kg]

} ELDE EDİLE BİLİR.



Örnek  $E_{p0} = 1000 \text{ kJ}$ ,  $P_0 = 2760 \text{ bar}$ .

1000  $E_{p0}$  STO  
2760  $P_0$  STO

$$\left. \begin{aligned} V &\approx 1,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ m &= 1,44 \text{ kg} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\rightarrow 1,37 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ &\rightarrow 1,558 \text{ kg} \end{aligned} \left. \begin{aligned} & \\ & \end{aligned} \right\} \begin{aligned} & \text{(S: TÖ - KE} \\ & \text{EKI)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{tt} &= 1,63 \text{ m} \\ L_{fay.} &= 2012,5 \text{ mm} \\ G_{yen.} &= 22,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

$E_{p0} = 1000 \text{ kJ}$ ,  $P_0 = 2360 \text{ bar}$ .

1000  $E_{p0}$  STO  
2360  $P_0$  STO

$$\begin{aligned} V &= 1,493 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ m &= 1,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{tt} &= 1,95 \text{ m} \\ L_{fay.} &= 2331,85 \text{ mm} \\ G_{yen.} &= 27 \text{ kg} \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi :

$E_{p0} = 1000 \text{ kJ}$  —  $P_0 = 2760 \text{ bar} \downarrow 2360 \text{ bar}$

$$\left. \begin{aligned} V &= 1,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \uparrow 1,493 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ m &= 1,44 \text{ kg} \uparrow 1,69 \text{ kg} \\ L_{tt} &= 1,63 \text{ m} \uparrow 1,95 \text{ m} \\ L_{fay.} &= 2012,5 \text{ mm} \uparrow 2331,85 \text{ mm} \\ G_{yen.} &= 22,82 \text{ kg} \uparrow 27 \text{ kg} \end{aligned} \right\}$$

0Cmax ktlardır.

1000  $E_{p0}$  STO } ele alınım. (HP50 f)  
2760  $P_0$

• 50 ENTER TOOL PURGE  
• Y1 ENTER TOOL PURGE

A = 1225,06

B = 1219,95

MODE, CH00S, ▲, OK, OK, ← WIN, ENTER, ← Y=, ADD,

X - 1225,06 X + 1219,95 = 0 (S:6)

ENTER, ERASE, DRAW, FCN, ROOT, ON, ON, MODE, CH00S, ▼, OK, OK, X, STO

Sonuçlar (TÖ- KÇ ekinde) tabloda gösterilmiştir.

Örnek. CARDOX; B20, B37 ve C74 tüplerini ele alalım. (Termodinamik formülleme Not. 7)

C74	Tüpün tipi	B20	B37
64	Nominal çap	45mm.	
1093	Uzunluk	686mm	1118mm
16,82	Ağırlık	5,45 kg.	8,18 kg.
1,25	CO <sub>2</sub> sarfı (sıvı CO <sub>2</sub> dolun miktarı)	0,29 kg.	0,60 kg.
1260/1900	Patlama basıncı	1900 bar / 2360 bar	
3,2/4,8	Disk kalınlığı	2,8mm / 3,6mm	
D120/D145	Isıtıcı (Kimyasal enerji kaynağı)	D45/D62,5	D62,5/D77,5
76	Delme matkabının - Jackbit - çapı	51mm.	

(1) ve (3) eşitliklerinden faydalanarak;

Tüpün, sıvı CO<sub>2</sub> dolun hacmi V [m<sup>3</sup>]:

V<sub>B20</sub> = 0,29 / 1131 → V<sub>B20</sub> = 2,564 · 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>

V<sub>B37</sub> = 0,60 / 1131 → V<sub>B37</sub> = 5,3 · 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>

V<sub>C74</sub> = 1,25 / 1131 → V<sub>C74</sub> = 1,1 · 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>

## CARDOX Tüpü

### Ağırlık ve Boy Hesabı

- III -

*[Handwritten signature]*

- Patlama enerjisi (E<sub>po</sub>)
- Tüpün sıvı CO<sub>2</sub> :
  - Dolun hacmi (V)
  - Dolun miktarı (m)
- Isıtıcı enerjisi (Q<sub>ısı</sub>)
- Tüp, dış yüzeyinde ısınma kontrolü

• Elde edilebilir patlama enerjisi:  $E_{p0}$  (kJ):

$$E_{p0, B20, 1900 \text{ bar}} = 346 (1900 - 1900^{0,776}) \cdot 2,564 \cdot 10^{-4}$$

$$\| E_{p0, B20, 1900 \text{ bar}} \approx 137,5 \text{ kJ}$$

$$E_{p0, B20, 2360 \text{ bar}} = 346 (2360 - 2360^{0,776}) \cdot 2,564 \cdot 10^{-4}$$

$$\| E_{p0, B20, 2360 \text{ bar}} = 172,6 \text{ kJ}$$

$$E_{p0, B37, 1900 \text{ bar}} = 346 (1900 - 1900^{0,776}) \cdot 5,3 \cdot 10^{-4}$$

$$\| E_{p0, B37, 1900 \text{ bar}} = 284,2 \text{ kJ}$$

$$E_{p0, B37, 2360 \text{ bar}} = 346 (2360 - 2360^{0,776}) \cdot 5,3 \cdot 10^{-4}$$

$$\| E_{p0, B37, 2360 \text{ bar}} = 356,8 \text{ kJ}$$

$$E_{p0, C74, 1260 \text{ bar}} = 346 (1260 - 1260^{0,776}) \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}$$

$$\| E_{p0, C74, 1260 \text{ bar}} = 382,6 \text{ kJ}$$

$$E_{p0, C74, 1900 \text{ bar}} = 346 (1900 - 1900^{0,776}) \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}$$

$$\| E_{p0, C74, 1900 \text{ bar}} = 507,2 \text{ kJ}$$

$$E_{p0} = 346 (P_0 - P_0^{0,776}) \cdot V \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$m = 1131 \cdot V \quad (\text{Eşitlik 3})$$

denklemlerinden, pratikte kullanılan olan,

$$E_{p0} = 346 (P_0 - P_0^{0,776}) \cdot \frac{m}{1131}$$

$$\underline{\underline{E_{p0} = 0,306 (P_0 - P_0^{0,776}) \cdot m}} \quad \text{--- (4)}$$

$E_{p0}$	$P_0$	$m$
kJ	bar	kg

bağıntısı elde edilir, ki tüpün tipi önemli değildir.

ÖNEMLİ NOT

$P_0$  [bar] ve  $m$  [kg] olarak verildiğinde, TÜPÜN TIPINE BAKILMAKSIZIN :

$$\left\{ \begin{array}{l} \cdot E_{p0} \text{ [kJ]} \\ \cdot V \text{ [m}^3\text{]} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \rightarrow (\text{Es. 4}) \\ \rightarrow (\text{Es. 3}) \end{array}$$

elde edilir.

$E_{p0}$  [kJ] ve  $P_0$  [bar] olarak verildiğinde yine, tüpün tipine BAKILMAKSIZIN :

$$\left\{ \begin{array}{l} \cdot V \text{ [m}^3\text{]} \\ \cdot m \text{ [kg]} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \rightarrow (\text{Es. 2}) \\ \rightarrow (\text{Es. 2}) \end{array}$$

elde edilir.

Ayrıca,

$$E_{p0} = 0,306 (P_0 - P_0^{0,776}) \cdot m \quad (\text{Eş. 4})$$

$$\| \underline{P_0 - P_0^{0,776}} = 3,268 \frac{E_{p0}}{m} \quad (5)$$

elde edilir. Yani,

$E_{p0}$  ve  $m$  verildiğinde, patlama basıncı  $P_0$  [bar] dolayısıyla patlama diskinin kalınlığı ve malzemesi tespit edilir.

Tüpün tipi	B20		B37		F57		F57L		C74	
CO <sub>2</sub> sarfı [kg]	0,29		0,60		0,82		1,25		1,25	
Dolum hacmi V [m <sup>3</sup> ]	2,564 · 10 <sup>-4</sup>		5,3 · 10 <sup>-4</sup>		7,25 · 10 <sup>-4</sup>		1,1 · 10 <sup>-3</sup>		1,1 · 10 <sup>-3</sup>	
Patlama basıncı $P_0$ [bar]	1900	2360	1900	2360	2360	2760	2360	2760	1260	1900
Patlama enerjisi $E_{p0}$ [kJ]	137,5	172,6	284,2	356,8	488	575	727	856	382,6	598,8
Isıtıcının vermiş olduğu ısı $Q$ [kJ]	149,34	190,36	309	393,86	538	639	820	974	397,72	643,7
Isıtıcı tipi	D45	D62,5	D62,5	D77,5	D110	D115	D115	D115	D120	D145

$$Q \cong 1,1 E_{p0} \quad (\text{Eş. 2})$$

$Q$  ısı miktarıdır (T.Ü. - K.5) :

$$Q = \rho \cdot V \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (\text{Eş. 6})$$

$$T_2 = \frac{P_0 \cdot 100 \cdot 0,34 \cdot 10^{-3}}{0,2889} \quad (\text{Eş. 7})$$



$$Q_{151, B20, 1900 \text{ bar}} = 0,29 (0,3075 \cdot 1900 - 69,275)$$

$$\| \underline{Q_{151, B20, 1900 \text{ bar}}} = 149,34 \text{ ki}$$

$$Q_{151, B20, 2360 \text{ bar}} = 0,29 (0,3075 \cdot 2360 - 69,275)$$

$$\| \underline{Q_{151, B20, 2360}} = 190,36 \text{ ki}$$

$$Q_{151, B37, 1900 \text{ bar}} = 0,60 (0,3075 \cdot 1900 - 69,275) \approx 309 \text{ ki}$$

$$Q_{151, B37, 2360 \text{ bar}} = 0,60 (0,3075 \cdot 2360 - 69,275) = 393,86 \text{ ki}$$

$$Q_{151, F57, 2360 \text{ bar}} = 538 \text{ ki}$$

$$Q_{151, F57, 2760 \text{ bar}} = 639 \text{ ki}$$

$$Q_{151, F57L, 2360 \text{ bar}} = 820 \text{ ki}$$

$$Q_{151, F57L, 2760 \text{ bar}} = 974 \text{ ki}$$

$$Q_{151, C74, 1260 \text{ bar}} = 1,25 (0,3075 \cdot 1260 - 69,275) = 397,72 \text{ ki}$$

$$Q_{151, C74, 1900 \text{ bar}} = 1,25 (0,3075 \cdot 1900 - 69,275) = 643,72 \text{ ki}$$

Bulunan değerleri Tabloya yerleřtirelim (s. 43) ve inceleyelim,



ÖZET

$E_{po}$  [kj] ve  $P_0$  [bar] olarak verildiğinde :

- Tüpün tipine bakılmaksızın,  
 $V$  [ $m^3$ ],  $m$  [kg] ve  $Q_{ısı}$  [kj]
- $\phi 54$  mm /  $\phi 30$  mm tüpler için de ilâveten,  
 $L_{tt}$  [m],  $L_{fay.}$  [mm] ve  $G_{yen}$  [kg]

elde edilir.

S: 43 teki tüplerin açıkları;  $\phi 54 / \phi 30$  mm  
(F57 ve F57L pibi) olsun.

Örnek : B20 tüpü ( $\phi 54 / \phi 30$  mm)

1900	' $P_0$	STO	} verilenler	2360	' $P_0$	STO
137,5	' $E_{po}$	"		172,6	' $E_{po}$	STO
$V = 2,58 \cdot 10^{-4}$	$m^3$			$2,58 \cdot 10^{-4}$		} elde edilenler
$m = 0,29$	kg			0,29		
$L_{tt} = 0,20$	m			0,20		
$L_{fay.} = 584,3$	mm			584,3		
$G_{yen} = 4,04$	kg			4,04		
$Q_{ısı} = 150$	kg			191,3		

Diğerlerinde,  $E_{po}$  ve  $P_0$  verilerek, sonuçta elde edilen değerler aşağıda verilmiştir.

VERGİLER

Tüp:	B20	B37	F57	F57L	C74	Föz. *						
$V_i [m^3]$	$2,58 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$7,28 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-3}$	$1,105 \cdot 10^{-3}$	$1,497 \cdot 10^{-3}$   $1,27 \cdot 10^{-3}$						
$m [kg]$	0,29	0,60	0,824	1,23	1,25	1,69   1,44						
$L_{it} [m]$	0,20	0,59	0,862	1,371	1,40	1,95   1,63						
$L_{fay} [mm]$	584,3	973,3	1250	1754	1784	2332   2012,5						
$G_{yen} [kg]$	4,04	9,152	12,8	19,43	19,8	27   22,82						
$P_0 [bar]$	1900	2360	1900	2360	2360	2360	2360	2760	2360	2760	2360	2760
	1900	2360	1900	2360	2360	2760	2360	2760	1260	1900	2360	2760
$E_{p0} [kJ]$	137,5	172,6	284,2	356,8	488	575	727	856	382,6	598,8	1000	1000
$Q_{isi} [kJ]$	150	191,3	310,3	395	541	642	806	956,3	397,8	653,7	1108	1117
Isitici	D45	D62,5	D62,5	D77,5	D100	D115	D115	D115	D120	D145	Belli değil	
$Q_{isi}/E_{p0}$	1,09	1,10	1,09	1,10	1,10	1,116	1,108	1,117	1,04	1,09	1,108	1,117

\* Föz. hesaplarında;  
 $E_{p0} = 1000 \text{ kJ}$ , hem  $P_0 = 2360 \text{ bar}$  hemde  $2760 \text{ bar}$  için istenmiştir.  
 \*\* Uyumsuzluk var, incelenmeli.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde  
 $Q_{isi}/E_{p0} \approx 1,1$

olduğu görülmüştür.

Isitici seçerinde birer saatlik duraklık

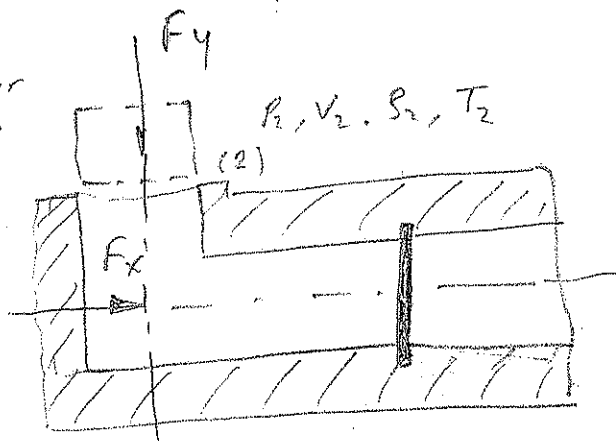
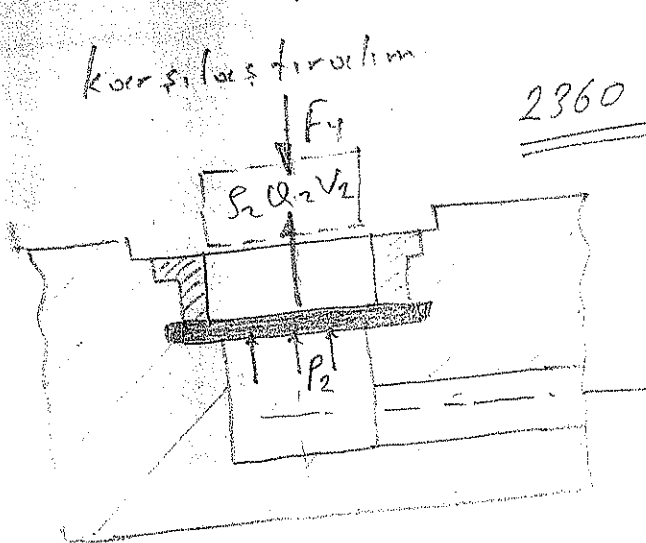
Proje kapsamında MAM da yapılan orijinal kartuş kalibrasyonu yapılan kalorimetre deneylerinde yapılan ölçümlerle ilgili olarak bulunmuştur.

$$940 \text{ kg/kartuş} = 440 \text{ kg} / 115 \text{ gr.} = 3,826 \text{ kg/gr.}$$

Yani, kimyasal maddelerin örgül enerjisi,

$$\rho_{\text{kimyasal}} = 3826 \text{ kg/kr.}$$

Tek yönlü patlatma yapan iki deşarj kafasını karşılaştırılm.



$$F_y = 78 \text{ tonk}$$

$$F_x = 0$$

$$V_2 = 1096 \text{ m}^3$$

$$W_{23} = 518 \text{ kJ}$$

$$T_2 = 1104,6 \text{ K}$$

$$P_2 = 2360 \text{ bar}$$

$$\rho_2 = 1290 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 0,8654 \text{ kg}$$

$$F_y = 58719 \text{ N} \approx 5,9 \text{ tonk}$$

$$F_x = 105546 \text{ N} \approx 10,5 \text{ tonk}$$

$$V_2 = 942,43 \text{ m}^3$$

$$W_{23} = 364150 \text{ Nm} = 364,15 \text{ kJ}$$

$$T_2 = 580 \text{ K}$$

$$P_2 = 130,75 \text{ bar}$$

$$\rho_2 = 119,96 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 0,82 \text{ kg}$$

$$F_x = A_2 (P_2 + \rho_2 V_2^2)$$

$$F_x = \frac{1000 \times 10^{-6}}{4} (130,75 \times 10^5 + 119,96 \times 10^3 \times 942,43^2)$$

$$\Rightarrow F_y = 780506 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_x = 137117 \text{ N}$$

$$m_2 = A_2 \cdot \rho_2 \cdot V_2$$

$$m_2 = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot 1131 \cdot 1094$$

$$m_2 = 607,4 \text{ kg/sn}$$

$$t_2 = \frac{m}{m_2} = \frac{0,8654 \text{ kg}}{607,4 \text{ kg/sn}}$$

$$\| t_2 \approx 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ sn} = 1,5 \text{ mili saniye}$$

$$m_2 = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot 119,96 \cdot 942,43$$

$$m_2 = 55,5 \text{ kg/sn}$$

$$t_2 = \frac{0,82 \text{ kg}}{55,5 \text{ kg/sn}}$$

$$\| t_2 = 14,77 \cdot 10^{-3} \text{ sn} \approx 15 \text{ milisaniye}$$

Birim zamanındaki kinetik enerji

$$E = \rho_2 \cdot A_2 \cdot \frac{V_2^3}{2} \quad (\text{Tö. k. f. s: 18})$$

$$E = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot 1131 \cdot \frac{(1094)^3}{2}$$

$$E = 363458202 \text{ Watt}$$

$$\| E = 363458 \text{ kW}$$

$$E = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot 119,96 \cdot \frac{(942,43)^3}{2}$$

$$E = 24644707 \text{ Nm/s (=Watt)}$$

$$\| E \approx 24645 \text{ kW}$$

$$\| \frac{363458 \text{ kW}}{24645 \text{ kW}} = 14,7$$

$$\| \frac{578 \text{ kJ}}{364,15 \text{ kJ}} = 1,42$$

Aksiğin etki kuvveti  
 $F_y, 2360 \text{ ton} \approx 800000 \text{ N}$

- Kömür tor haline gelir
- Baskı kuvvetini sağlamaya
- falıyan somun döşünölerek

(S: 34)

→ Derivantaj

•  $F_x = 0$  Avantaj

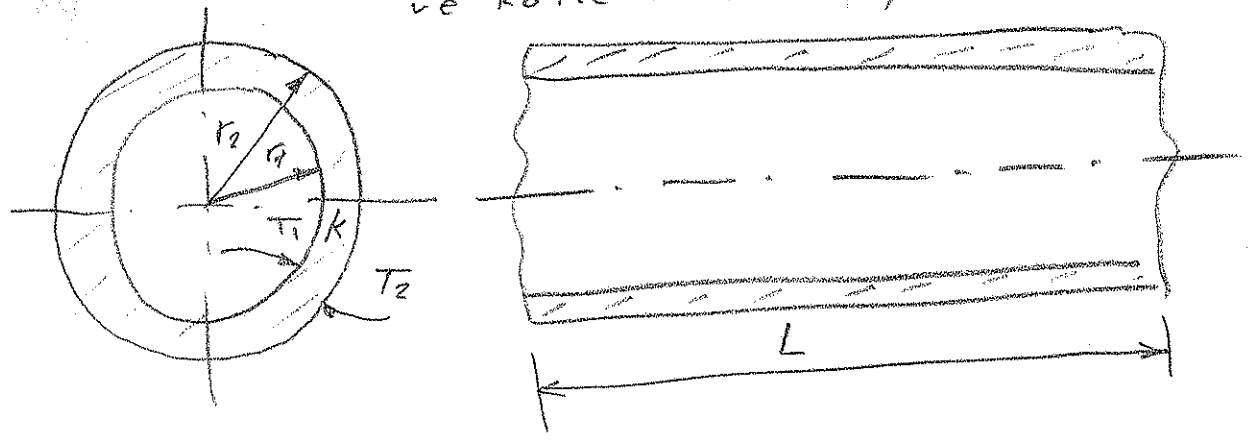
$F_x = 10,5 \text{ ton k}$  Derivantaj

CARDOX Tüpünü yeniden ele alalım.

Cıdar kalınlığı üzerine bir inceleme,  
Sürtünmeli aerobotik akış ve şok tüpü başantıları  
S: 75 te dir.

Şimdi, patlamadan dolayı tüp ısınır mı? ne kadar ısınır, ısıtıcının vermiş olduğu ısıda tüpün ısınmasında dolayı ısı kaybı varmıdır.

Silindirik boruda ısı iletimi (S: 150 Y. Çengel. Isı ve kütle transferi)



$$\dot{Q}_{iletim, silindir} = 2\pi L \cdot k \frac{T_1 - T_2}{\ln(r_2/r_1)} \quad (3.37)$$

$\dot{Q}$	L	k	T
Watt	m	W/(m.°C)	°C

k - Isı iletim katsayısı (Tablo A-3). Bir malzemenin ısıyı iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür.

Yatay silindirik boru yüzlerinden

DOĞAL TAŞIMIM yoluyla çevre ortamına geçen ısı

$$\dot{Q}_{\text{taşınım}} = h \cdot A_s (T_s - T_{\infty}) \quad (9-18)$$

$\dot{Q}_{\text{taşınım}}$	$h$	$A_s$	$T$
Watt	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$	$m^2$	$^\circ C$

$h$  - Yüzeydeki ortalama ısı taşınım katsayısı

$A_s$  - Isı geçiş yüzey alanı ( $A_s = \pi D L$ )

Doğal taşınımda ortalama Nusselt sayısı,

$$Nu = \frac{h \cdot D}{k} = C (Gr_D \cdot Pr)^n = C \cdot Ra_D^n \quad (9-16)$$

$C$  - Sabit katsayı

$n$  - Sabit üs

$Gr_D$  - Grashof sayısı

$Pr$  - Prandtl sayısı (Tablo A-95)

$$Ra_D = Gr_D \cdot Pr = \frac{\rho \beta (T_s - T_{\infty}) D^3}{\nu^2} \cdot Pr \quad (9-17)$$

$Ra_D$  - Rayleigh sayısı (Grashof ve Prandtl sayılarının çarpımı)

$\nu$  - Kinematik viskozite (Tablo A-95) [ $m^2/s$ ]

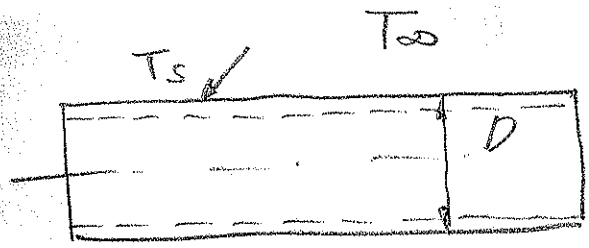
$\beta$  - Hacimsel genleşme katsayısı [ $1/K$ ]

$$\beta = \frac{1}{T_f}$$

$$T_f = \frac{1}{2} (T_s + T_{\infty})$$

$$\rho = 9,81 \text{ m/m}^3$$

Doğal taşınımda, yarıçap silindirin yüzeyi üzerindeki ortalama Nusselt sayısı;



$T_s$  - Dış yüzey sıcaklığı,  
 $T_{oo}$  - Çevre ortam sıcaklığı,

$Ray_D \leq 10^{12}$

$$Nu = \left\{ 0,6 + \frac{0,387 Ray_D^{1/6}}{[1 + (0,559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 \quad \text{--- (9-25)}$$

denklemleri ile verilmektedir.

Yarıçap silindirik boru yüzeyinden IŞINIM yoluyla çevre ortama geçen ısı miktarı.

Işınım, atom ve moleküllerin elektronik düzenlerindeki değişmelerin sonucunda maddeden elektromagnetik dalgalardan (veya fotonlar) şeklinde yayılan enerjidir. İletim ve konveksiyondan farklı olarak ışınila ısı geçişi bir aracı ortama gerektirmez. Gerçekten, ışınila ısı geçişi en hızlı (ışık hızında) olanıdır ve boşlukta gerçekleşmez. Işınım hacimsel bir olaydır, bütün katılar, sıvılar ve gazlar, ışıınımlı değişen seviyelerde yayar, soğurur veya geçirirler.

Işınım ile geçen ısı miktarı,

$$\dot{Q}_{ışınım} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A_s (T_s^4 - T_{çevre}^4) \quad \text{--- (1-28)}$$

$\epsilon$  - Işınım yayma oranı

Bir yüzeyin yayıcılığı, belli bir sıcaklıkta yaydığı ışıının aynı sıcaklıktaki siyah cismin yaydığı ışıının oranıdır. (Siyah cisim veya siyah cisim, bulunduğu sıcaklıkta max. ışıınımlı yayyan ideal bir yüzeydir.)

$0 \leq \varepsilon \leq 1$  arasında değişir. Siyah cisim - 53-  
de  $\varepsilon = 1$  dir. Siyah cisim mükemmel ışınlam  
yayıcısı ve soğurucusu olarak tanımlanır. Belirli  
bir sıcaklık ve dalga boyunda hiç bir yüzey siyah  
cisimden daha fazla enerji yayamaz.

$\sigma$  - Stefan-Boltzman sabiti:

$$\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

$A_s$  - Yüzey alanı (m<sup>2</sup>)

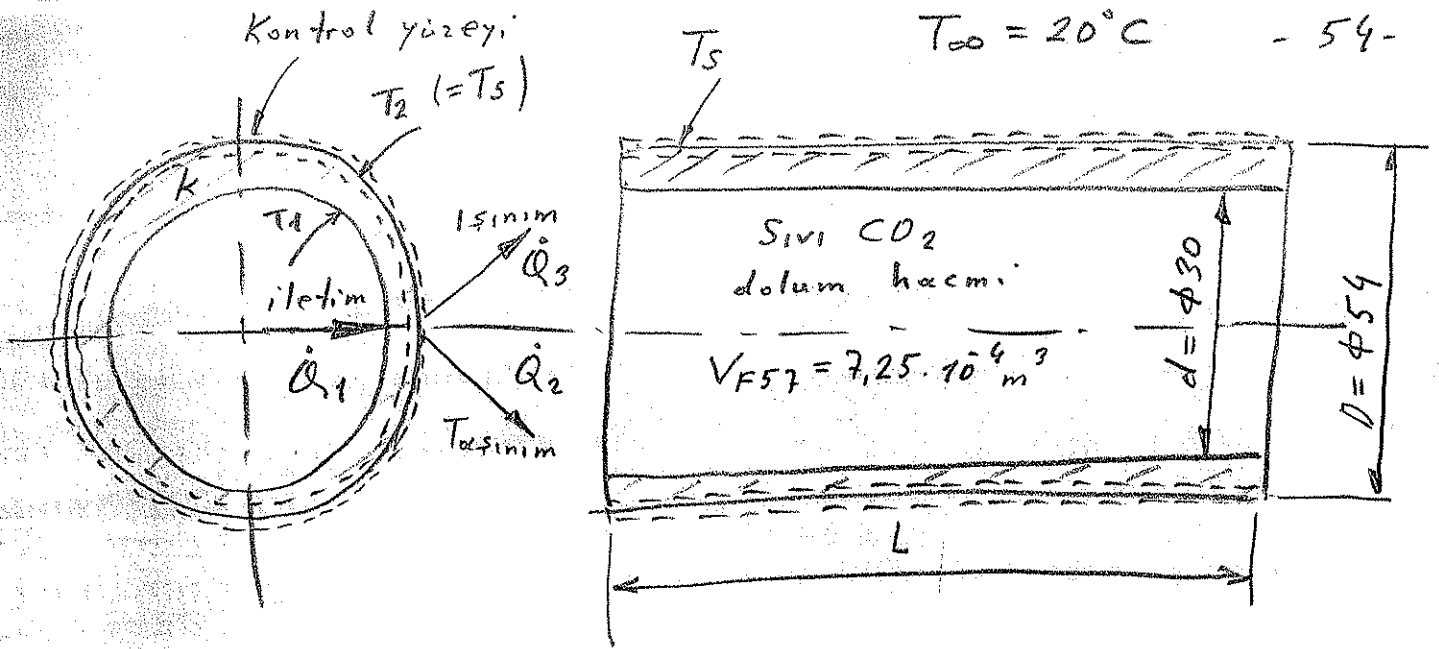
$T_s$  - Dış yüzey sıcaklığı [K]

$T_{\text{çevre}}$  - Çevre ortam sıcaklığı [K]

Tablo 1-6 : 300K sıcaklıkta bazı malzemelerin  
yayma oranları.

Malzeme	Yayma oranı $\varepsilon$
Alüminyum folyo	0,07
Anodize alüminyum	0,82
Parlatılmış bakır	0,03
Parlatılmış altın	0,03
Parlatılmış gümüş	0,02
Parlatılmış paslanmaz çelik	0,17
Siyah boya	0,98
Beyaz boya	0,90
Beyaz kağıt	0,92 - 0,97
Asfalt döşeme	0,85 - 0,93
Kırmızı tuğla	0,93 - 0,96
İnsan derisi	0,95
Ağaç	0,82 - 0,92
Toprak	0,93 - 0,96
Su	0,96
B. H. ler	0,92 - 0,96





Boru dış yüzeyi için enerji denklemi,

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 \quad (1-20)$$

$\dot{Q}_1$  - Boru iç cisimlerinden dış cidar yüzeyine ısı iletimi ( $\dot{Q}_{iletim}$ )

$\dot{Q}_2$  - Boru dış yüzeyinden çevre-ortam havasına ısı taşınımı ( $\dot{Q}_{taşınım}$ )

$\dot{Q}_3$  - Boru dış yüzeyinden çevre ortamca ısı ışıması ( $\dot{Q}_{ışınım}$ )

Yerlerine karşılıkları konursa,

$$2\pi L \cdot k \frac{T_1 - T_2}{\ln(r_2/r_1)} = h \cdot A_s (T_s - T_{\infty}) + \epsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{çevre}^4)$$

Isı geçiş yüzey alanı,  $A_s$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot L$$

Isı iletim katsayısı,  $k_{boru}$ , malzemesi:

Boru malzemesi:  $\text{A}4140$  (42CrMo4)

$k_{42CrMo4} = 42,3 \text{ W/(m.K)}$  (Tablo A-3, s: 57)

Tam uyumunda her bir %1 Cr lu, krom sertlikleri olarak değerlendirilir.  $\text{A}4140$  ıslah sertliğinde

Cr: % (0,80 - 1,10) dir.

Isınım yayma oranı  $\epsilon$ ;

- 55 -

CARDOX tüpü kömür içinde. Tüp siyah boyalı kabul edebiliriz.

$$\epsilon = 0,98 \quad (\text{Tablo 1-6, s:53})$$

CARDOX tüpünün dış yüzey sıcaklığı ( $T_s$ ), Sayfa 54'teki enerji denkleminin deneme-yanılma yöntemi ile çözeceğiz.

$T_s = 70^\circ\text{C}$  ile hesaba girelim. (Hava, ideal bir gazdır ve yerel atmosfer basıncı 1 atm'dir.)

$$T_f = (T_s + T_\infty) / 2 = (70 + 20) / 2$$

$$\epsilon = T_f = 45^\circ\text{C} \text{ için;}$$

$$\left. \begin{aligned} k &= 0,02699 \text{ W/(m}\cdot\text{K)} \\ \nu &= 1,750 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \\ Pr &= 0,7241 \end{aligned} \right\} (\text{Tablo A-15})$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{(45 + 273)} = \frac{1}{318 \text{ K}}$$

$$Ra_D = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) \cdot D^3}{\nu^2} \cdot Pr$$

$$Ra_D = \frac{(9,81 \text{ m/s}^2) [1/(318 \text{ K})] \cdot (70 - 20 \text{ K}) \cdot (0,054 \text{ m})^3}{(1,750 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s})^2} \cdot (0,7241)$$

$$\epsilon = Ra_D = 0,574269 \cdot 10^6$$

Doğal taşınım Nusselt sayısı  $Nu$ ;

$$Nu = 0,5 = \frac{0,387 (Ra_D)^{1/6}}{\left[ 1 + (0,55/Pr)^{9/16} \right]^{4/3}} \left. \right\}^2 \quad (\text{Eş. 9-25})$$

B47

EK

TABLO A-3

Katı metallerin özellikleri

Yapı	Ergime Noktası, K	300 K 'de Özellikler				Çeşitli Sıcaklıklarda Özellikler (K), $k(\text{W/m} \cdot \text{K})/c_p(\text{J/kg} \cdot \text{K})$					
		$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ J/kg · K	$k$ W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	100	200	400	600	800	1000
Alüminyum:											
Saf	933	2702	903	237	97.1	302	237	240	231	218	
						482	798	949	1033	1146	
Alaşım 2024-T6 (%4.5 Cu, %1.5 Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186	186		
Alaşım 195, Döküm (%4.5 Cu)						473	787	925	1042		
Berilyum	1550	2790	883	168	68.2			174	185		
		1850	1825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8
						203	1114	2191	2604	2823	3018
Bizmut	545	9780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04			
						112	120	127			
Bor	2573	2500	1107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85
						128	600	1463	1892	2160	2338
Kadmiyum	594	8650	231	96.8	48.4	203	99.3	94.7			
						198	222	242			
Krom	2118	7160	449	93.7	29.1	159	111	90.9	80.7	71.3	65.4
						192	384	484	542	581	616
Kobalt	1769	8862	421	99.2	26.6	167	122	85.4	67.4	58.2	52.1
						236	379	450	503	550	628
Bakır:											
Saf	1358	8933	385	401	117	482	413	393	379	366	352
						252	356	397	417	433	451
Ticari bronz (%90 Cu, %10 Al)	1293	8800	420	52	14		42	52	59		
Fosfor dişli bronzu (%89 Cu, %11 Sn)	1104	8780	355	54	17		785	160	545		
							41	65	74		
Kovan pirinci (%70 Cu, %30 Zn)	1188	8530	380	110	33.9	75	95	137	149		
Konstantan (%55 Cu, %45 Ni)	1493	8920	384	23	6.71	17	19	360	395	425	
Germanyum	1211	5360	322	59.9	34.7	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4
						190	290	337	348	357	375
Altın	1336	19,300	129	317	127	327	323	311	298	284	270
						109	124	131	135	140	145
İridyum	2720	22,500	130	147	50.3	172	153	144	138	132	126
						90	122	133	138	144	153
Demir:											
Saf	1810	7870	447	80.2	23.1	134	94.0	69.5	54.7	43.3	32.8
						216	384	490	574	680	975
Armco demiri (%99.75 pure)		7870	447	72.7	20.7	95.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3
						215	384	490	574	680	975
Karbon çelikleri:											
sade karbon çeliği (Mn ≈ %1 Si ≈ %0.1)		7854	434	60.5	17.7			56.7	48.0	39.2	30.0
								487	559	685	1169
AISI 1010		7832	434	63.9	18.8			58.7	48.8	39.2	31.3
								487	559	685	1169
Karbon silikon (Mn ≈ %1 %0.1 Si ≈ %0.6)		7817	446	51.9	14.9			49.8	44.0	37.4	29.3
								501	582	699	971

487 559 685 1169

**TABLO A-3**

Katı metallerin özellikleri (Devam)

Yapı	Ergime Noktası, K	300 K 'de Özellikler				Çeşitli Sıcaklıklarda Özellikler (K), k(W/m · K)/c <sub>p</sub> (J/kg · K)					
		ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/kg · K	k W/m · K	α × 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	100	200	400	600	800	1000
Karbon-manganez-silikon (%1 < Mn < %1.65 %0.1 < Si < %0.6)		8131	434	41.0	11.6			42.2 487	39.7 559	35.0 685	27.6 1090
Krom (düşük) çelikleri: ½ Cr-½ Mo-Si (%0.18 C, %0.65 Cr, %0.23 Mo, %0.6 Si)		7822	444	37.7	10.9			38.2 492	36.7 575	33.3 688	26.9 969
1 Cr-½ Mo (%0.16 C, %1 Cr, %0.54 Mo, %0.39 Si)		7858	442	42.3	12.2			42.0 492	39.1 575	34.5 688	27.4 969
1 Cr-V (%0.2 C, %1.02 Cr, 0.15% V)		7836	443	48.9	14.1			46.8 492	42.1 575	36.3 688	28.2 969
Paslanmaz çelikler: AISI 302		8055	480	15.1	3.91			17.3 512	20.0 559	22.8 585	25.4 606
AISI 304	1670	7900	477	14.9	3.95	9.2 272	12.6 402	16.6 515	19.8 557	22.6 582	25.4 611
AISI 316		8238	468	13.4	3.48			15.2 504	18.3 550	21.3 576	24.2 602
AISI 347		7978	480	14.2	3.71			15.8 513	18.9 559	21.9 585	24.7 606
Kurşun	601	11,340	129	35.3	24.1	39.7 118	36.7 125	34.0 132	31.4 142		
Magnezyum	923	1740	1024	156	87.6	169 649	159 934	153 1074	149 1170	146 1267	
Molibden	2894	10,240	251	138	53.7	179 141	143 224	134 261	126 275	118 285	112 295
Nikel: Saf	1728	8900	444	90.7	23.0	164 232	107 383	80.2 592	65.6 530	67.6 562	71.8 71.8
Nikrom (%80 Ni, %20 Cr)	1672	8400	420	12	3.4			14 480	16 525	21 545	
Inconel X-750 (%73 Ni, %15 Cr, 6.7% Fe)	1665	8510	439	11.7	3.1	8.7	10.3	13.5	17.0	20.5	24.0
Niobyum	2741	8570	265	53.7	23.6	55.2 188	52.6 249	55.2 274	58.2 283	61.3 292	64.4 301
Paladyum	1827	12,020	244	71.8	24.5	76.5 168	71.6 227	73.6 251	79.7 261	86.9 271	94.2 281
Platin: Saf	2045	21,450	133	71.6	25.1	77.5 100	72.6 125	71.8 136	73.2 141	75.6 146	78.7 152
Alaşım 60Pt-40Rh (%60 Pt, 40 Rh)	1800	16,630	162	47	17.4			52	59	65	69
Renyum	3453	21,100	136	47.9	16.7	58.9 97	51.0 127	46.1 139	44.2 145	44.1 151	44.6 156
Rodyum	2236	12,450	243	150	49.6	186 147	154 220	146 253	136 274	127 293	121 311

TABLO A-3

Katkı metallerin özellikleri (Son)

Yapı	Ergime Noktası, K	300 K 'de Özellikler				Çeşitli Sıcaklıklarda Özellikler (K), k(W/m · K)/c <sub>p</sub> (J/kg · K)					
		ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/kg · K	k W/m · K	α × 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	100	200	400	600	800	1000
Silikon	1685	2330	712	148	89.2	884	264	98.9	61.9	42.4	31.2
Gümüş	1235	10,500	235	429	174	259	556	790	867	913	946
Tantalyum	3269	16,600	140	57.5	24.7	444	430	425	412	396	379
Toryum	2023	11,700	118	54.0	39.1	187	225	239	250	262	277
Kalay	505	7310	227	66.6	40.1	59.2	57.5	57.8	58.6	59.4	60.2
Titanyum	1953	4500	522	21.9	9.32	110	133	144	146	149	152
Tungsten	3660	19,300	132	174	68.3	59.8	54.6	54.5	55.8	56.9	56.9
Uranyum	1406	19,070	116	27.6	12.5	99	112	124	134	145	156
Vanadyum	2192	6100	489	30.7	10.3	85.2	73.3	62.2			
Çinko	693	7140	389	116	41.8	188	215	243			
Zirkonyum	2125	6570	278	22.7	12.4	30.5	24.5	20.4	19.4	19.7	20.7
						300	465	551	591	633	675
						208	186	159	137	125	118
						87	122	137	142	146	148
						21.7	25.1	29.6	34.0	38.8	43.9
						94	108	125	146	176	180
						35.8	31.3	31.3	33.3	35.7	38.2
						258	430	515	540	563	597
						117	118	111	103		
						297	367	402	436		
						33.2	25.2	21.6	20.7	21.6	23.7
						205	264	300	332	342	362

Frank P. Incropera and David P. DeWitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 3rd ed., 1990. Bu malzeme John Wiley & Sons, Inc. izniyle kullanılmıştır.

$$Nu = \left\{ 0,6 + \frac{0,387 \cdot (0,574269 \cdot 10^6)^{1/6}}{[1 + (0,559/0,7291)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu = 12,49$$

$$h = \frac{k}{D} Nu = \frac{0,02699 \text{ W/(mK)}}{0,054 \text{ m}} \cdot 12,49$$

$$h = 6,243 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$A_s = \pi D L$$

$$\text{Sıvı CO}_2 \text{ dolmuş hacemi: } V_{F57} = 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{F57} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L \rightarrow 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = \frac{\pi (0,03 \text{ m})^2}{4} \cdot L_{F57}$$

TABLO A-15

Havanın 1 atm basınçta özellikleri

Sıcaklık $T, ^\circ\text{C}$	Özgül Kütle $\rho, \text{kg/m}^3$	Özgül Isı $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Isıl İletkenlik $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Isıl Yayınlım Katsayısı $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Dinamik Viskozite $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Kinematik Viskozite $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Prandtl Sayısı Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539

Not: İdeal gazlar için  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$  ve Pr özellikleri basınçtan bağımsızdır. 1 atm 'den farklı bir  $P$  (atm) basıncındaki  $\rho$ ,  $\nu$  ve  $\alpha$  özellikleri, verilen sıcaklıktaki  $\rho$  değerleri  $P$  ile çarpılarak,  $\nu$  ve  $\alpha$  değerleri  $P$  ile bölünerek bulunur.

Kaynak: Veriler S. A. Klein ve F. L. Alvarado tarafından geliştirilen EES yazılımıyla oluşturulmuştur. Orijinal kaynaklar: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198; and Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, and P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

$$\| L_{F57} = 1,026 \text{ m.}$$

$$A_s = \pi \cdot (0,054 \text{ m}) \cdot (1,026 \text{ m})$$

$$\| A_s = 0,174 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_{\text{tansimim}} = h \cdot A_s (T_s - T_{\infty})$$

$$= (6,243 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}) \cdot (0,174 \text{ m}^2) (70 - 20 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

||  $\dot{Q}_{\text{tansimim}} = 54,3 \text{ W}$

$$\dot{Q}_{\text{isimim}} = \epsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{\text{suru}}^4)$$

$$= 0,98 \cdot (5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{K}^4) \cdot \left[ (70 + 273 \text{ K})^4 - (20 + 273 \text{ K})^4 \right]$$

↓  
(0,174 m<sup>2</sup>)

||  $\dot{Q}_{\text{isimim}} = 62,57 \text{ W}$

$$\dot{Q}_{\text{iletim}} = 2\pi L \cdot k \frac{T_1 - T_2}{\ln(r_2/r_1)}$$

$$\dot{Q}_{\text{iletim}} = 2\pi \cdot (1,026 \text{ m}) \cdot (42,3 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}) \cdot \frac{(1100 - 273) - 70 \text{ }^{\circ}\text{C}}{\ln(54/30)}$$

||  $\dot{Q}_{\text{iletim}} = 351191 \text{ Watt}$

Desarj süresi:  $\sim 15 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

$$\dot{Q}_{\text{iletim}} = 351191 \text{ Watt} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

||  $\dot{Q}_{\text{iletim}} = 5267,8 \text{ J} \approx 5,3 \text{ kJ}$

$\dot{Q}_{\text{iletim}}$  hesabında tüpün iç cidarı 1100 K kabul edilmiştir. BU KABUL DOĞRU DEĞİLDİR

## CARDOX Tüpü

### Ağırlık ve Boy Hesabı

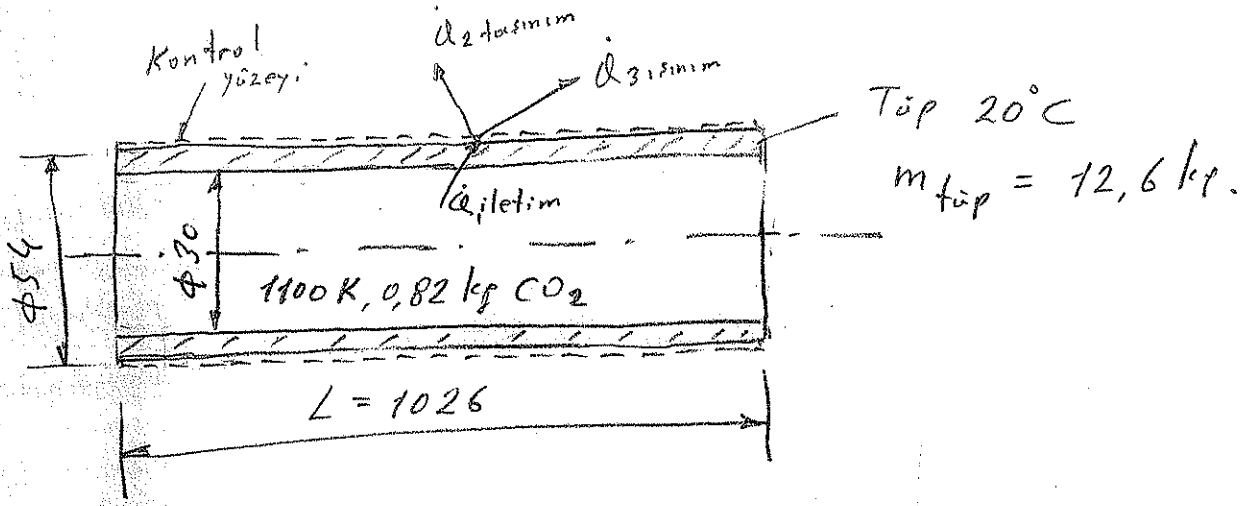
- IV -

*[Signature]*

- Patlama enerjisi ( $E_{po}$ )
- Tüpün, sıvı  $CO_2$ :
  - Dolum hacmi (V)
  - Dolum miktarı (m)
- Isıtıcı enerjisi ( $Q_{ısı}$ )
- Tüp, dış yüzeyinde ısınma kontrolü



Söyle düşünelim,



Dolum hacmine karşılık gelen tüp ağırlığı,

$$m_{\text{tüp}} = \frac{\pi}{4} (5,4^2 - 3^2) \text{ cm}^2 \cdot 102,6 \text{ cm} \cdot 7,8 \text{ gr/cm}^3$$

$$\| m_{\text{tüp}} \approx 12,6 \text{ kg.}$$

( Tüpün ağırlığının 12,73 kg. olduğu düşünülürse dolum hacmine karşılık gelen tüp ağırlığı 12,6 kg. fazla çıkmıştır. Nedeni: L boyu hesaplanırken delik exp. 30 mm alınmıştır, halbuki gerçekte konik olan delikler vardır. Delik exp. 30mm alınca L gerçekten biraz büyük çıktı! )

Sistem sınırı olarak borunun (tüpün) dış yüzeyini alalım. Sistem sınırlarından ısı geçişi vardır. Sistemin sınırları hareketlidir ve başka bir iş yoktur.

Enerjinin korunumu denklemi,

$$Q - \dot{W}^0 = \Delta U$$

$$Q = \Delta U$$

Sistemin ısı enerjisi,

$$\Delta U_{sis} = \Delta U_{demir} + \Delta U_{CO_2}$$

$$Q = [m C (T_2 - T_1)]_{demir} + [m C_p (T_2 - T_1)]_{forz CO_2}$$

Katılar ve sıvılar için Cp ve Cv nin indisleri atılabilir.

Katı	Cp [kJ/(kg.K)]
Alüminyum	0,900
Bakır	0,386
Granit	1,017
Grafit	0,711
Demir	0,450
Kurşun	0,128
Leistik (yumuşak)	1,840
Gümüş	0,235
Kalay	0,217
Tahta (Genel)	1,760

Tablo A-3 + Bazı bilinen katıların özgül ısıları (Yunus Cengel)

//  $C_{demir} = 0,450 \text{ kJ/(kg.K)}$  (Tablo A-3)

Mükemmel gazlarda

$$du = C_v dT = C(T) dT \quad (3-58)$$

Sıcaklık [K]	$C_v, CO_2$ [kJ/(kg.K)]
300	0,657
400	0,750
500	0,825
600	0,886
700	0,937
800	0,980
900	1,015
1000	1,045

Tablo A-2 - Mükemmel gaz  $CO_2$  için, değişik sıcaklıklardaki  $C_v$  (sabit hacimde özgül ısı) değerleri. (Yunus Cengel)

$C_v$  için ortalama değer almak daha uygun

$$\text{olar. } \left. \begin{array}{l} T_{1CO_2} = 20^\circ C = 293 K \\ T_{2CO_2} = 1100 K \end{array} \right\} T_{ort.} = \frac{293 + 1100}{2}$$

$$T_{ort.} \approx 700 K \rightarrow \underline{C_{v,ort.} = 0,937 \text{ kJ/(kg.K)}}$$

Boru dış yüzeyi için enerji denkleminde

$$\dot{Q}_{itelen} = \dot{Q}_{2400} + \dot{Q}_{3100} \quad (5-56)$$

Yarı boru dış yüzeyinden çevre ortama geçen

ısı miktarı, taşınım ve ısınımla ısı geçişleri kontrol yüzeyini terk ettiklerine göre, - 64 -

$$\begin{aligned} - (\dot{Q}_{2 \text{ taş.}} + \dot{Q}_{3 \text{ ısın.}}) &= m_{\text{tüp}} \cdot C_{\text{demir}} (T_2 - T_1) + m_{\text{CO}_2} \cdot C_{\text{ort}} (T_2 - T_1) \\ &= 12,6 \text{ kg} \cdot 0,450 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) (T_2 - 293) \text{ K} \\ &\quad + 0,82 \text{ kg} \cdot 0,937 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) (T_2 - 1100) \text{ K} \end{aligned}$$

$$- (\dot{Q}_{2 \text{ taş.}} + \dot{Q}_{3 \text{ ısın.}}) \rightarrow \text{Birimi Watt}$$

$$\begin{aligned} - (\dot{Q}_{2 \text{ taş.}} + \dot{Q}_{3 \text{ ısın.}}) \text{ W} \cdot \underbrace{15 \cdot 10^{-3} \text{ s}}_{\text{değerli süresi}} &= - (\dot{Q}_{2 \text{ taş.}} + \dot{Q}_{3 \text{ ısın.}}) \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ J} \\ &= - (\dot{Q}_{2 \text{ taş.}} + \dot{Q}_{3 \text{ ısın.}}) \cdot 15 \cdot 10^{-6} \text{ kJ} \end{aligned}$$

Bu terimi ihmal edebiliriz.

$$0 = 5,67 (T_2 - 293) + 0,76834 (T_2 - 1100)$$

$$0 = 6,43834 T_2 - 2506,484$$

$$T_2 = 389,3 \text{ K}$$

$$\| \underline{T_2 \approx 116^\circ \text{C}}$$

Tüpün dış yüzeyinden çevre ortama ısı geçişi

ihmal edilirse, tüpün dış yüzey sıcaklığı  $116^\circ \text{C}$

olur. (Gerçekte daha az. El ile tutulabiliyor)

Not Sonuç, SÜREKLİ REJİM (yani tüp içinde sürekli

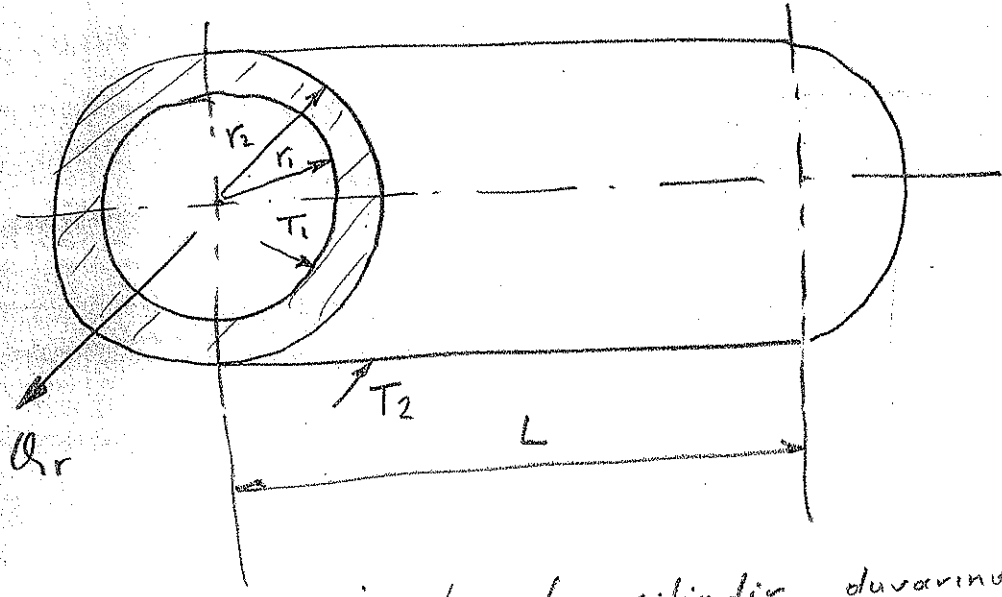
$1100 \text{ K}$  da gaz  $\text{CO}_2$  var) için DOĞRUDUR. GFFİCI

REJİM (yani tüp içinde  $\Delta t = 15 \cdot 10^{-3}$  saniye süresince

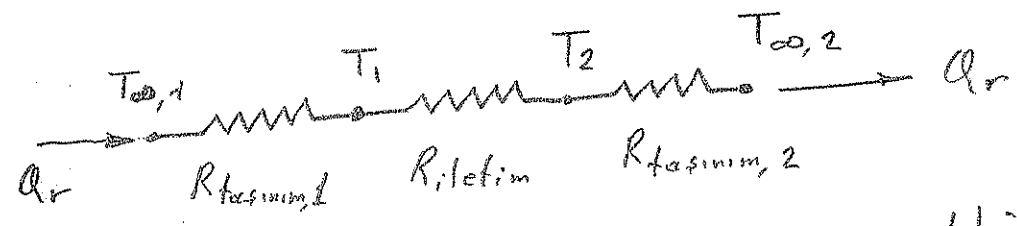
tüp içinde  $1100 \text{ K}$  da gaz  $\text{CO}_2$  var) için DOĞRU DEĞİLDİR

Bölge :

- Muhsin KILIÇ - Abdulvahap YİĞİT  
(Isı transferi s: 11, 48...51)



Şekil 3.5 - İçi boş bir silindirin duvarından ısı iletimi.



- $T_{\infty,1}$  - Boru içindeki akışkan sıcaklığı ( $= T_{CO_2}$ )
- $T_{\infty,2}$  - Boru dışındaki akışkan sıcaklığı ( $= T_{havaa}$ )

Sistem içindeki akışkandan sistem dışındaki akışkana olan ısı akışı,

$$Q_r = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_1 \cdot 2\pi \cdot r_1 \cdot L} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_2 \cdot 2\pi \cdot r_2 \cdot L}} \quad (3.43)$$

şeklinde yazılabilir.

$h_1$  - Boru içindeki akışkan ( $CO_2$ ) ile boru iç yüzeyi arasındaki ısı taşınım katsayısı

$h_2$  - Boru dış yüzeyi ile çevre ortam (hava) arasındaki ısı taşınım katsayısı

$k$  - Boru malzemesinin ısı iletim katsayısı

Doğal ısı taşınımında, ortalama ısı taşınım katsayısı değerleri :

	$h [W/(m^2.K)]$
Hava	5 - 25
Su	30 - 600
Yağlar	5 - 300

Aksel ÖZTÜRK - Hesbi YAVUZ  
(Isı Geçisi S:23)

Isı taşınım katsayısının değişim aralıkları (Doğal taşınım) :

	$h [W/(m^2.K)]$	Zarflama
Gaslar	5 - 10	10 - 250
Yağlar	10 - 100	50 - 1000
Su (sıvı)	100 - 1000	100 - 10000

• Osman F. Genceli  
 (Isı taşınım problemleri S: 6)

Pratikten alınmış  $\bar{h}$  [ $W/(m^2.K)$ ] yaklaşık bazı ortalama ısı taşınım katsayıları (Doğal ısı taşınımı) :

		Zorlanmış
Gaslar	5 - 25	25 - 300
Su	50 - 500	500 - 10.000
Ağır yağlar	5 - 100	25 - 3000

• Fethi HALICI - Mehmet GÜNDÜZ  
 (Isı transferi S: 9)

Bazı akışkanlar için ısı taşınım katsayısının ortalama değerleri (Doğal taşınım) :

		Zorlanmış
Gaslar	5 - 30 $W/(m^2.K)$	30 - 700
Yağlar	5 - 100 "	50 - 2000
Su (tek faz)	30 - 300 "	300 - 10000

• Taner Derbentli - Frank P. INCROPERA  
 (Isı ve kütle geçişinin temelleri S: 8)

Isı taşınım katsayısı için örnek değerler (Doğal taşınım) :

		Zorlanmış
Gaslar	2 - 25 $W/(m^2.K)$	25 - 1500
Sıvılar	50 - 1000	

• Yunus GENGEL  
(Isi ve kütle transferi S: 26)

Taşınım katsayısının tipik değerleri (Doğal taşı-  
nım) :

		Zarlanmış
Gaslar	2-25 W/(m <sup>2</sup> .K)	25-250
Sıvılar	10-1000 "	50-20.000

Sayfa 65 teki denkleme göre ısı kaybını hesaplaya-  
lim. Tablolardan ısı taşınım katsayısı için,

$$\left. \begin{aligned} h_1 = h_{CO_2} &= 7,5 \text{ W/(m}^2\text{K)} \\ h_2 = h_{hava} &= 15 \text{ " } \end{aligned} \right\}$$

ortalama değerleri seçelim

$$\begin{aligned} T_{\infty,1} = T_{CO_2} &= 1100 \text{ K} \\ T_{\infty,2} = T_{hava} &= 293 \text{ K} \end{aligned}$$

$$Q_r = \frac{1100 - 293}{\frac{1}{7,5 \cdot 2\pi \cdot 0,030 \cdot 1,026} + \frac{\ln(54/30)}{2\pi \cdot 42,3 \cdot 1,026} + \frac{1}{15 \cdot 2\pi \cdot 0,054 \cdot 1,026}}$$

$$\| Q_r = 914 \text{ W} = 914 \text{ W} \cdot \underbrace{15 \cdot 10^{-3}}_{\text{Deşarj süresi}}$$

$$\| Q_r = 14 \text{ J} = 0,014 \text{ kJ}$$

Patlama enerjisinin hesaplanması, genişleme işimi  
kısa süreli radyatif hal değişimi olarak almışlık



$Q_r$  ihmal edilebilir bir değer olduğundan kabul  
yokluğumuz doğrudur. - 69-

Şimdi, CARBOX tüpünün dış yüzey sıcaklığı

$$T_s = 116^\circ\text{C} \quad (T_2 = 116^\circ\text{C} \text{ hesaplandı. } S: 64)$$

$$T_f = (T_s + T_\infty) / 2 = (116 + 20) / 2$$

$$\| T_f = 68^\circ\text{C} \text{ için;}$$

$$\left. \begin{aligned} k &= 0,02887 \text{ W/(m.K)} \\ \nu &= 1,995 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \\ Pr &= 0,7177 \end{aligned} \right\} \text{(Tablo A.15. değerler} \\ \text{70}^\circ\text{C için alınmıştır)}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{(68 + 273)} = \frac{1}{341 \text{ K}} \quad (S: 51)$$

$$Ra_D = \frac{Pr \beta (T_s - T_\infty) \cdot D^3}{\nu^2} \quad (S: 51)$$

$$Ra_D = \frac{(9,81 \text{ m/s}^2) \cdot (1/341 \text{ K}) (116 - 20 \text{ K}) \cdot (0,054 \text{ m})^3}{(1,995 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s})^2} \cdot 0,7177$$

$$\| Ra_D = 0,784195 \cdot 10^6$$

$$Nu = \left\{ 0,6 + \frac{0,387 (Ra_D)^{1/6}}{\left[ 1 + (0,559/Pr) \right]^{9/16}} \right\}^{4/3} \quad (S: 52)$$

$$Nu = \left\{ 0,6 + \frac{0,387 (0,784195 \cdot 10^6)^{1/6}}{\left[ 1 + (0,559/0,7177)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

-70-

$$\parallel \underline{Nu = 13,6}$$

$$h = \frac{k}{D} \cdot Nu = \frac{0,02881 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}}{0,054 \text{ m}} \cdot 13,6$$

$$\parallel \underline{h = 7,256 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{konvektion}} &= h \cdot A_s (T_s - T_\infty) \\ &= 7,256 \text{ W/(m}^2\text{K)} \cdot 0,174 \text{ m}^2 (116 - 20 \text{ K}) \end{aligned}$$

$$\parallel \underline{\dot{Q}_{\text{konvektion}} = 121,2 \text{ W}}$$

$$\dot{Q}_{\text{strahlung}} = \epsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{\text{umgebung}}^4)$$

$$\dot{Q}_{\text{strahlung}} = 0,98 \cdot 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4) \cdot 0,174 \text{ m}^2 \left[ (116+273)^4 - (20+273)^4 \right]$$

$$\parallel \underline{\dot{Q}_{\text{strahlung}} = 150 \text{ W}}$$

$$\parallel \underline{\dot{Q} = 121,2 + 150 = 271,2 \text{ W}}$$

$$\dot{Q} = 271,2 \text{ W} \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 4 \text{ J}$$

$$\parallel \underline{\dot{Q} = 0,004 \text{ kg}} \quad (\text{ihmal editierbar})$$

Not s: 68 deki hesapta :

$$h_{\text{hava}} = 15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ verilmişti}$$

s: 70 deki hesapta :

$$h_{\text{hava}} = 7,256 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ hesaplandı. (116}^\circ\text{C için)}$$

$$\dot{Q} = 271,2 \text{ W} \quad (s: 70)$$

tae sinim ve ısınım yoluyla, kontrol yüzeyinden çevre ortama geçen ısı miktarıdır.

Değeri süresi boyunca bu ısı,

$$\dot{Q}_{\text{değeri}} = 271,2 \text{ W} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 4 \text{ J} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}$$

5 dak. süresince bu ısı,

$$Q_{5\text{dak}} = 271,2 \text{ W} \cdot 5 \cdot 60 \text{ s} = 81,4 \text{ kJ}$$

$$-Q = [m C (T_2 - T_1)]_{\text{demir}} + [m C_{\text{H}_2\text{O}} (T_2 - T_1)]_{\text{su}}$$

$$-81,4 = 6,43834 T_2 - 2506,484 \quad (s: 64)$$

$$\| T_{25\text{dak}} = 376,7 \text{ K} = 103^\circ\text{C}$$

5 dak. sonunda tüp sıcaklığı  $103^\circ\text{C}$  ye düşer.

10 dak. için,

$$Q_{10\text{dak}} = 271,2 \text{ W} \cdot 10 \cdot 60 \text{ s} = 162,7 \text{ kJ}$$

$$-162,7 = 6,43834 T_2 - 2506,484$$

$$T_{210\text{dak}} = 364 \text{ K} = 91^\circ\text{C}$$

10 dak. sonra tüp sıcaklığı  $91^\circ\text{C}$  ye düşer.

Sistem i sındaki akışkandan, sistem dışın  
daki akışkana olan ısı geçişi,

$$Q_r = 914 \text{ W (s. 68)}$$

5 dak. için,

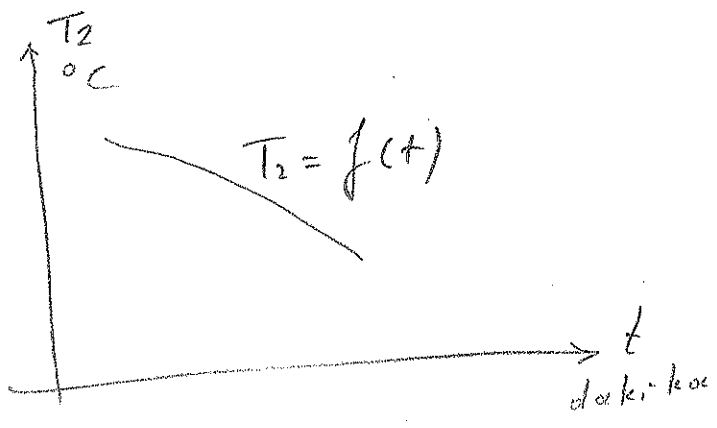
$$Q_{r5} = 914 \cdot 5 \cdot 60 = 274,2 \text{ kJ}$$

$$- 274,2 = 6,43834 T_2 - 2506,484$$

$$\parallel T_2 = 346,7 \text{ K} = 73,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Görüldüğü gibi tüp soğuyor. Patlatma işleminden  
sonra elle rahat tutulabiliyor.

$Q_r$  esas alınarak 1'er dakika ara ile  
 $T_2$  hesaplanır ve  $T_2 = f(t)$  denklemi bulunarak  
grafik çizeriz



çizilebilir.

### İRDİLEME

5 dak. ve 10 dak. için ısı'nın sürekli olduğu  
kabul edilmiştir. Bu düşünce pek uygun değil  
çünkü deney sırasında sonra, kontrol yüzeyinden  
olarak ısıtılmaktadır. Dolayısıyla "ZAMANA BAĞLI"

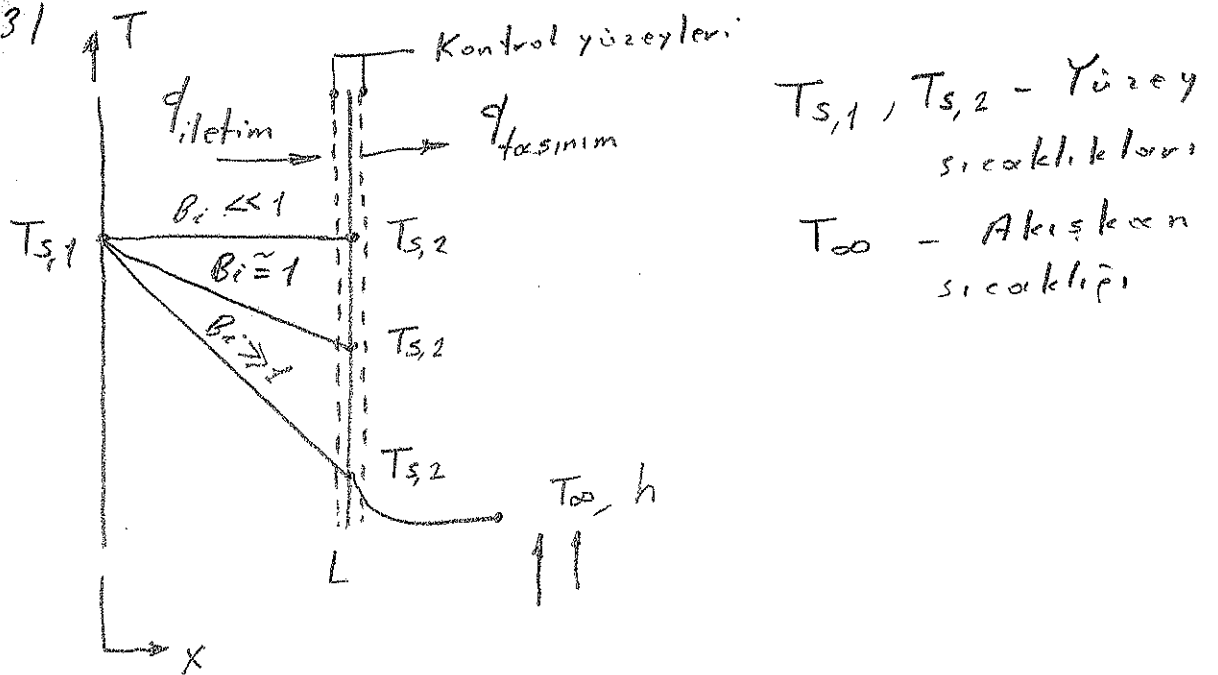
14 ISI GEÇİŞİ'ni düşünmek daha mantıklı -73- olacaktır. (GEÇİCİ REJİMDE ISI İLETİMİ)

"Isı ve kütle geçişinin temelleri - Turner DERBENTLİ" den kısa bilgi verelim.

Toplam kütle yaklaşımının geçerliliği (S: 229);

Zamana bağlı problemleri çözmek için kullanılacak en uygun ve basit yöntemdir.

A alanından geçen iletimi göz önüne alalım (Şekil 5.3)



Şekil 5.3 - Biot sayısının, yüzeyinden taşınım olan düz levha içindeki sürekli-rejim sıcaklık dağılımına etkisi

$T_{\infty} < T_{s,2} < T_{s,1}$  dir. Sürekli rejimde yüzey

\* enerji dengesi, denklem 1.12

$$\frac{k \cdot A}{L} (T_{s,1} - T_{s,2}) = h \cdot A (T_{s,2} - T_{\infty})$$

bağıntıyı indirgenir. Soldan düzenliyerek,

-3/34-

Denklemler 1.12 (5:24)

$$\dot{E}_i - \dot{E}_0 = 0$$

$\dot{E}_i$  ve  $\dot{E}_0$  Herhangi bir anda kontrol yüzeyi üzerinden birim zamanda geçen ve sisteme sokulmuş ve çekilmiş enerjilerdir.

İygen evi (1) Toksik  
Balık hunra (1) Toksik  
İngişan (1) temiz hava (1)  
İngişan (2) İngilizce (2)  
İngişan (3) İngilizce (2)  
İngişan (4) İngilizce (2)  
İngişan (5) İngilizce (2)  
İngişan (6) İngilizce (2)  
İngişan (7) İngilizce (2)  
İngişan (8) İngilizce (2)  
İngişan (9) İngilizce (2)  
İngişan (10) İngilizce (2)  
İngişan (11) İngilizce (2)  
İngişan (12) İngilizce (2)  
İngişan (13) İngilizce (2)  
İngişan (14) İngilizce (2)  
İngişan (15) İngilizce (2)  
İngişan (16) İngilizce (2)  
İngişan (17) İngilizce (2)  
İngişan (18) İngilizce (2)  
İngişan (19) İngilizce (2)  
İngişan (20) İngilizce (2)  
İngişan (21) İngilizce (2)  
İngişan (22) İngilizce (2)  
İngişan (23) İngilizce (2)  
İngişan (24) İngilizce (2)  
İngişan (25) İngilizce (2)  
İngişan (26) İngilizce (2)  
İngişan (27) İngilizce (2)  
İngişan (28) İngilizce (2)  
İngişan (29) İngilizce (2)  
İngişan (30) İngilizce (2)  
İngişan (31) İngilizce (2)  
İngişan (32) İngilizce (2)  
İngişan (33) İngilizce (2)  
İngişan (34) İngilizce (2)  
İngişan (35) İngilizce (2)  
İngişan (36) İngilizce (2)  
İngişan (37) İngilizce (2)  
İngişan (38) İngilizce (2)  
İngişan (39) İngilizce (2)  
İngişan (40) İngilizce (2)  
İngişan (41) İngilizce (2)  
İngişan (42) İngilizce (2)  
İngişan (43) İngilizce (2)  
İngişan (44) İngilizce (2)  
İngişan (45) İngilizce (2)  
İngişan (46) İngilizce (2)  
İngişan (47) İngilizce (2)  
İngişan (48) İngilizce (2)  
İngişan (49) İngilizce (2)  
İngişan (50) İngilizce (2)  
İngişan (51) İngilizce (2)  
İngişan (52) İngilizce (2)  
İngişan (53) İngilizce (2)  
İngişan (54) İngilizce (2)  
İngişan (55) İngilizce (2)  
İngişan (56) İngilizce (2)  
İngişan (57) İngilizce (2)  
İngişan (58) İngilizce (2)  
İngişan (59) İngilizce (2)  
İngişan (60) İngilizce (2)  
İngişan (61) İngilizce (2)  
İngişan (62) İngilizce (2)  
İngişan (63) İngilizce (2)  
İngişan (64) İngilizce (2)  
İngişan (65) İngilizce (2)  
İngişan (66) İngilizce (2)  
İngişan (67) İngilizce (2)  
İngişan (68) İngilizce (2)  
İngişan (69) İngilizce (2)  
İngişan (70) İngilizce (2)  
İngişan (71) İngilizce (2)  
İngişan (72) İngilizce (2)  
İngişan (73) İngilizce (2)  
İngişan (74) İngilizce (2)  
İngişan (75) İngilizce (2)  
İngişan (76) İngilizce (2)  
İngişan (77) İngilizce (2)  
İngişan (78) İngilizce (2)  
İngişan (79) İngilizce (2)  
İngişan (80) İngilizce (2)  
İngişan (81) İngilizce (2)  
İngişan (82) İngilizce (2)  
İngişan (83) İngilizce (2)  
İngişan (84) İngilizce (2)  
İngişan (85) İngilizce (2)  
İngişan (86) İngilizce (2)  
İngişan (87) İngilizce (2)  
İngişan (88) İngilizce (2)  
İngişan (89) İngilizce (2)  
İngişan (90) İngilizce (2)  
İngişan (91) İngilizce (2)  
İngişan (92) İngilizce (2)  
İngişan (93) İngilizce (2)  
İngişan (94) İngilizce (2)  
İngişan (95) İngilizce (2)  
İngişan (96) İngilizce (2)  
İngişan (97) İngilizce (2)  
İngişan (98) İngilizce (2)  
İngişan (99) İngilizce (2)  
İngişan (100) İngilizce (2)

$$\frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{T_{s,2} - T_{\infty}} = \frac{h \cdot A}{(k \cdot A / L)} = \frac{(L / k \cdot A)}{(1 / h \cdot A)}$$

$$= \frac{R_{iletim}}{R_{tasinim}} = \frac{h \cdot L}{k} = Bi$$

$$\| \underline{Bi} = \frac{h \cdot L}{k} \quad (5.9)$$

bulunur.

- $R_{ile.}$  - Isı iletim direnci
- $R_{tas.}$  - Isı taşınım direnci

Eşitlik 5.9 da görülen  $(h \cdot L / k)$  boyutsuz bir parametredir. Biot sayısı olarak adlandırılır ve iletim problemlerinde yüzey taşınım etkileri ile ilgili temel bir işler görür. Denklem 5.9'a ve şekil 5.3'te gösterildiği gibi, Biot sayısı yüzey ve akışkan arasındaki sıcaklık farkına göre katı cisimdeki sıcaklık düşüşünün bir ölçüsünü verir. Özellikle  $Bi \ll 1$  olduğu duruma dikkat edin. Sonuçlar, bu durumda, zaman içinde herhangi bir anda katı cisimdeki sıcaklık dağılımını sabit kabul etmenin uygun olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, Biot sayısının ısı dirençlerinin oranı olarak açıklanmasıyla da uyumludur. Denklem 5.9  $Bi \ll 1$  ise katı cisimdeki iletim direnci akışkan sınır tabakası içindeki taşınım direncinden çok daha küçüktür. Böylece sabit sıcaklık varsayımı doğrudur.

Biot sayısını zamanla bağlı problemlerdeki önem nedeniyle tanımladık.

24/1-

15/11/2008 / 14/12/2008 Tarihleri arasında BASYUKARI İLERLEME VERİLERİ

Konveyör	İşçi Usta Sayısı	Gerçek İlerleme	Kişiler
YOK	1370	305,15	0
VAR	726	161,75	0
<b>Toplam:</b>	<b>2096</b>	<b>466,90</b>	<b>0</b>
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>8221</b>	<b>1828,8</b>	<b>0</b>

Aşağıdaki koşul sağlanırsa,

$$Be = \frac{h L_c}{k} < 0,1 \quad (5.10)$$

toplam kütle yaklaşımının kullanılmasından

kaynaklanan hata küçüktür

$L_c$  - Karakteristik uzunluk

$$L_c = V / A_s$$

Katı hacminin yüzey alanına oranı olarak tanımlanır.

Ayrıca, Fourier sayısı;

$$Fo = \frac{\alpha \cdot t}{L_c^2} \quad (5.12)$$

Biot sayısı ile birlikte zamanla bağlı problemleri belirleyen bir boyutsuz zamandır.

$\alpha$	$t$	$L_c$
$m^2/s$	s	m

bu işi yapalım katsayısı Page 21

(Tablo A-3, S: 57)



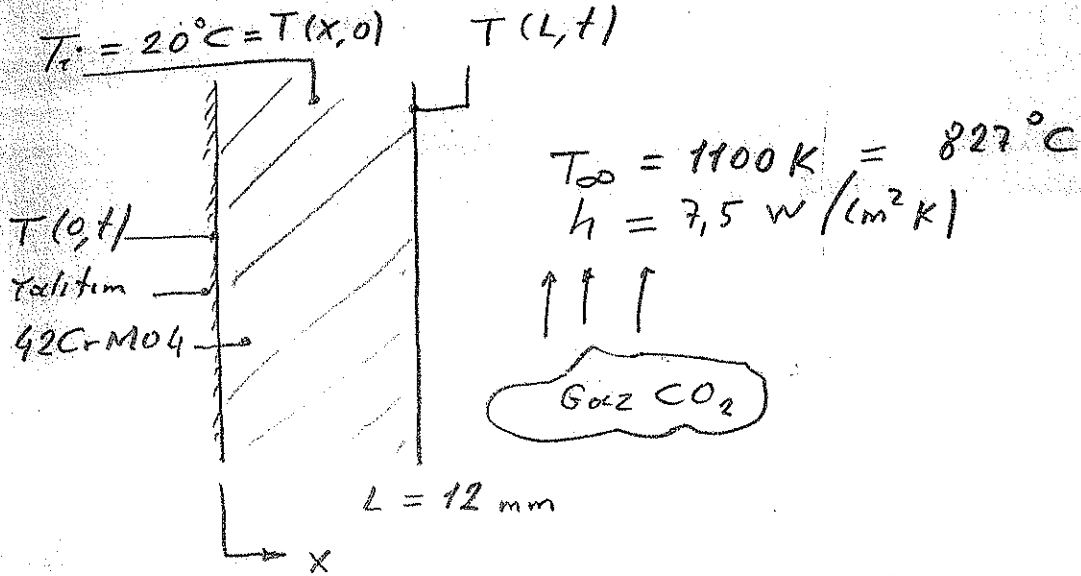
sonuç olarak,

-75-

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = \exp(-Bi \cdot Fo) = e^{-Bi \cdot Fo} \quad (5.13)$$

denklemi yazılabilir.

Şimdi bu denklemi, problemimize uyguluyalım.



Ø4140 (42CrMo4) çelik boru 54 mm çapında ve 12 mm et kalınlığındadır. Sıvı  $\text{CO}_2$  faz haline geçmeden önce borunun her tarafı  $20^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta olur. Sıvı  $\text{CO}_2$  faz haline geçince gaz sıcaklığı  $T_{\infty} = 827^{\circ}\text{C}$  ve if yüzeyde taşınım katsayısı  $h = 7,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  olmaktadır. (Doğal ısı taşınımı)

$T_i = 20^{\circ}\text{C} = T(x, 0) \rightarrow x$  mesafesinde ve  $t = 0$  anında  $T_i = 20^{\circ}\text{C}$

$T(0, t) \rightarrow x = 0$  mesafesi ve  $t$  süresince sıcaklık

$T(L, t) \rightarrow x = L$  " " " " " "

Kabuller :

- Boru çapı yaklaşık olarak düz levha alınabilir, çünkü et kalınlığı çaptan çok küçüktür. (✓)
- Özellikler sabit kalmaktadır.
- Borunun dış yüzeyi adiabatiktir.

$$T_f = (T_i + T_\infty) / 2 = (293 + 1100) / 2$$

$$\| T_f = 696,5 \text{ K} \approx 700 \text{ K}$$

$$\rho = 7858 \text{ kg/m}^3$$

$$\alpha = 12,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k_{600\text{K}} = 39,1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$k_{800\text{K}} = 34,5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$c_{p600\text{K}} = 575 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$$

$$c_{p800\text{K}} = 688 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$$

(Table A.3. S: 57)

$$k_{700\text{K}} = \frac{39,1 + 34,5}{2}$$

$$\| k_{700\text{K}} \approx 37 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$c_{p700\text{K}} = \frac{575 + 688}{2}$$

$$\| c_{p700\text{K}} = 631 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$$

$t = 15 \cdot 10^{-3}$  saniyede Biot ve Fourier sayılarını

$L_c = L$  olarak bulalım.

$$Bi = \frac{h \cdot L}{k} = \frac{7,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} \cdot 0,012 \text{ m}}{37 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}}$$

$$\| Bi = 2,43 \cdot 10^{-3} < 0,1$$

$$Fo = \frac{\alpha \cdot t}{L^2} = \frac{12,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ s}}{(0,012 \text{ m})^2}$$

$$\| Fo = 1,27 \cdot 10^{-3}$$

$Bi < 0,1$  dolayısıyla,

$$\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = e^{(-Bi \cdot Fo)} \quad (\text{Eşitlik 5.13})$$

76/1

15/11/2008 / 14/12/2008 Tarihleri arasında TABAN İLERLEME VERİLERİ

Müessese 6 KOZLU  
İşletme 1 KOZLU İŞLETMESİ

Taban Eğimi	İşçi Usta Sayısı	Gerçek İlerleme	Kısıllar
DUZ	1533	230,88	0,00
ESKİAÇMA	165	26,80	0,00
<b>Toplam:</b>	<b>1698</b>	<b>257,68</b>	<b>0,00</b>
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>5208</b>	<b>701,98</b>	<b>0,00</b>

$$(T - 827)^{\circ}\text{C} = (20 - 827)^{\circ}\text{C} \cdot e^{(-2,43 \cdot 10^{-3} - 1,27 \cdot 10^{-3})}$$

$$T = 827 + 0,999 (20 - 827) = 0,999$$

$\sqrt{T (15 \cdot 10^{-3} \text{ saniye})}$  doğal taşınım  $\approx 21^{\circ}\text{C}$

( $Bi \ll 1$  olduğu için sabit sıcaklık varsayımı doğrudur s: 74)

Not  $20^{\circ}\text{C}$ , 120 bar basınçtaki sıvı  $\text{CO}_2$ , biranda 2360 bar basınç ve 1100 K sıcaklığa çıkarak gaz haline geçmiştir. iş yüzeyde taşınım katsayısını "zorlanmış taşınım" düşünce şöyle alırsak

$$h_{\text{zorlanmış}} = 300 \text{ W}/(\text{cm}^2\text{K}) \quad (\text{s: 67})$$

$$Bi = \frac{300 \cdot 0,012}{37} = 9,73 \cdot 10^{-2}$$

$$(-9,73 \cdot 10^{-2} - 1,27 \cdot 10^{-3})$$

$$(T - 827)^{\circ}\text{C} = (20 - 827)^{\circ}\text{C} \cdot e$$

0,999

$$\| T (15 \cdot 10^{-3} \text{ saniye})_{\text{zorlanmış taşıma}} \approx 21^\circ \text{C}$$

- 7.7 -

Böylece,  $15 \cdot 10^{-3}$  saniye sonra düz levhanın eksen sıcaklığına karşılık gelen boru dış yüzey sıcaklığı, doğal ve zorlanmış ısı taşınımında eldeki verilere göre değişmemektedir ( $\approx 21^\circ \text{C}$ ).

$Bi > 0,1$  } olması halinde, Taner Derbentli S:247 y.  
 $Fo > 0,2$  } bakılır.

Karakteristik uzunluğa düşünelim

$$L_c = V/A_s$$

V - Katı hacmi (Borunun)

$$V = \frac{\pi}{4} (0,054^2 - 0,030^2) \text{ m}^2 \cdot 1,026 \text{ m.}$$

(S:59)

$$\| V = 1,625 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$A_s$  - Yüzey alanı (Borunun)

$$\| A_s = 0,174 \text{ m}^2 \quad (S:59)$$

$$L_c = \frac{1,625 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,174 \text{ m}^2}$$

$$\| L_c = 9,34 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$Bi = \frac{300 \cdot 9,34 \cdot 10^{-3}}{37}$$

$$\| Bi = 7,57 \cdot 10^{-2}$$

-22/1-

**Müessese 3 AMASRA**  
**İşletme 1 AMASRA İŞLETMESİ**

Taban Eğimi	İşçi Usta Sayısı	Gerçek İlerleme	Kişi İlerleme
DÜZ	661	101,00	0,1
<b>Toplam:</b>	<b>661</b>	<b>101,00</b>	<b>0,1</b>

**Müessese 4 ÜZÜLMEZ**  
**İşletme 1 ÜZÜLMEZ İŞLETMESİ**

Taban Eğimi	İşçi Usta Sayısı	Gerçek İlerleme	Kişi İlerleme
DÜZ	568	50,00	0,1
DESENDRE	371	28,50	0,1
ESKİAÇMA	560	71,50	0,1
<b>Toplam:</b>	<b>1499</b>	<b>150,00</b>	<b>0,1</b>

**Müessese 5 KARADON**  
**İşletme 1 GELİK İŞLETMESİ**

Taban Eğimi	İşçi Usta Sayısı	Gerçek İlerleme	Kişi İlerleme
DÜZ	459	83,80	0,1
ESKİAÇMA	229	37,50	0,1
<b>Toplam:</b>	<b>688</b>	<b>121,30</b>	<b>0,1</b>

**Müessese 5 KARADON**  
**İşletme 2 KILIMLI İŞLETMESİ**

Taban Eğimi	İşçi Usta Sayısı	Gerçek İlerleme	Kişi İlerleme
DÜZ	391	43,00	0,1
ESKİAÇMA	271	29,00	0,1
<b>Toplam:</b>	<b>662</b>	<b>72,00</b>	<b>0,1</b>

$$F_0 = \frac{12,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ s}}{(9,34 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$F_0 = 2,098 \cdot 10^{-3}$$

$$(-7,57 \cdot 10^{-2} \cdot 2,098 \cdot 10^{-3})$$

e

0,999

Prof. Dr. Osman F. Genceli: "Gözümlü ISI İLETİMİ Problemleri" Geçici rejimde ısı iletim: S:306 faydalanarak problemimizi incelemeye devam edelim

S:61'deki şekli göz önüne alarak, sistem sınırlarından geçen  $q$  ısı, borunun (tüpün) dış yüzeyinden taşınımla geçen ısı ile cismin iç enerjisindeki artışa kadar olacaktır. Bu durumda,

$$q = h A (T - T_{\infty}) + c \cdot \rho \cdot V \cdot \frac{dT}{dt}$$

yazılabilir.

$$\tau = \frac{c \cdot \rho \cdot V}{h \cdot A}$$

(7.3)

$\tau$  - Zaman sabiti (zaman boyutunda)

$$\theta = T - T_{\infty}$$

$\theta$  - Sıcaklık farkı

$$\theta = \frac{q}{h \cdot A} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] + (T_0 - T_{\infty}) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \quad (7.36)$$

Sonucuna ulaşılır.

Probleme uyguluyalım.

$$\tau = \frac{c \cdot \rho \cdot V}{h \cdot A} = \frac{c \cdot m}{h \cdot A} = \frac{\overbrace{450 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}}^{(S:62)} \cdot \overbrace{12,6 \text{ kg}}^{(S:61)}}}{\underbrace{15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}}_{(S:68)} \cdot \underbrace{0,174 \text{ m}^2}_{(S:59)}}$$

$$\tau = 2472 \text{ s}$$

Müessese 6 KOZLU

İşletme 1 KOZLU İŞLETMESİ

Mak Delici	Mak Yukleyici	İşçi Usta Sayısı	Gerçek İlerleme	Kişi İlerleme
YOK	YOK	202	33,60	0,1
VAR	VAR	97	21,94	0,2
<b>Toplam:</b>		<b>299</b>	<b>55,54</b>	<b>0,1</b>
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>1833</b>	<b>229,442</b>	<b>0,1</b>

$$T_{-827} = \frac{\frac{(5:68)}{914 \text{ W}}}{15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot 0,174 \text{ m}^2} \left[ 1 - e^{-\frac{15 \cdot 10^{-3}}{2172}} \right] + (20 - 827) \cdot e^{-\frac{15 \cdot 10^{-3}}{2172}}$$

$$T_{-827} = -806,99$$

$$\parallel T = 20^\circ \text{C}$$

$Be' = 7,57 \cdot 10^{-2} \ll 0,1$  olduğundan (5:77) boru et kalınlığında sıcaklık gradyanı ihmal edilebilme kabulu geçerlidir.

17  
23  
19  
13