

온수용 배관파이프 설계

카르노



목 차

1.Problem Statements

2.Data Collection

3.Design Variables

4.Objective Function

5.Constraints

1.Problem statements



<http://blog.naver.com/dolchisimo>

- 목욕탕 사업을 하기 위해 온수 배관 설계를 하려고 한다. 이 때 유량이 600 L/min가 되어야 하며, 관의 길이는 100 m로 한다.
- 초기 온수의 온도를 60 °C, 배관이 지나는 주위의 온도를 25 °C라고 가정한다.
- 열 손실을 최소로 하는 관의 관경을 구한다.

2.Data Collection

■배관계통의 기하학

흡입관 길이 : 10 m, 송출관 길이 : 90 m

■사용부품

90 ° 엘보 1개

밸브 1개

푸트밸브 1개

유량 $Q = 600 \text{ L/min}$

Kp	0.8
KL	0.75
Kv	2

■소요압력

펌프 송출구 압력 : 420 kPa

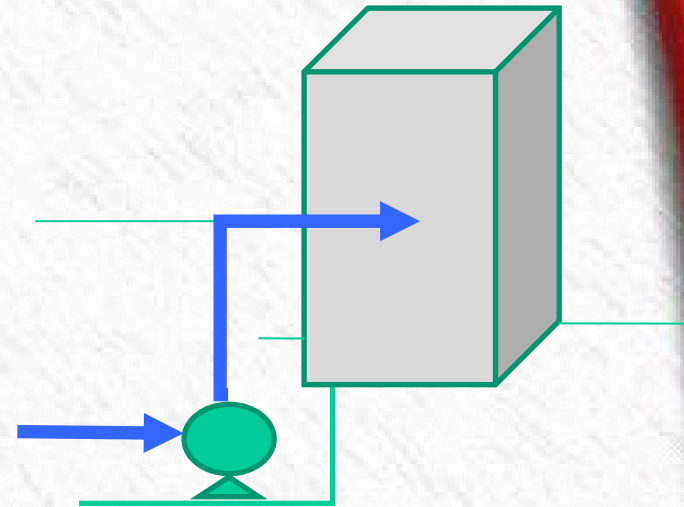
온수기출구 압력 : 200 kPa

※ 푸트밸브 손실계수 $K_L = 0.8$

최대수두 손실 :

공기열전도계수 $h = 1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

관의 열전도계수 : $k = 48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$



▲배관 재료의 열 전도율(κ)

재 료 명	열전도율	
	[kcal/m·h·°C]	[W/m·°C]
동	333	388
알루미늄	201	238
황동	83	97
연강	41	48
스테인리스강	14	16
유리	0.67	0.78

Principle

$$h_f = \frac{10.466 Q^{1.852} L}{C^{1.852} d^{4.8704}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_f : \text{직관의 압력 손실 [m]} \\ C : \text{Hazen - Williams 계수} \\ d : \text{관의 내경 [m]} \\ Q : \text{유량 [m}^3 / \text{s]} \\ L : \text{배관 길이 [m]} \end{array} \right\}$$

관의 종류	C
新황동관, 新동관, 新연관, 新시멘트라이닝주철관 또는 강관, 新석면시멘트관	140
新강관, 新주철관, 古황동관, 古연관, 경질염화비닐관	130
古시멘트라이닝관, 도관	110
古주철관, 古강관	100

3.Design Variable

d : diameter of pipe

t : thickness of pipe

4.Objective Function

$$Q = \frac{2\pi(T_o - T)}{\frac{2}{(d + 2t)h} + \frac{1}{k} \ln\left(\frac{d + 2t}{d}\right)}$$

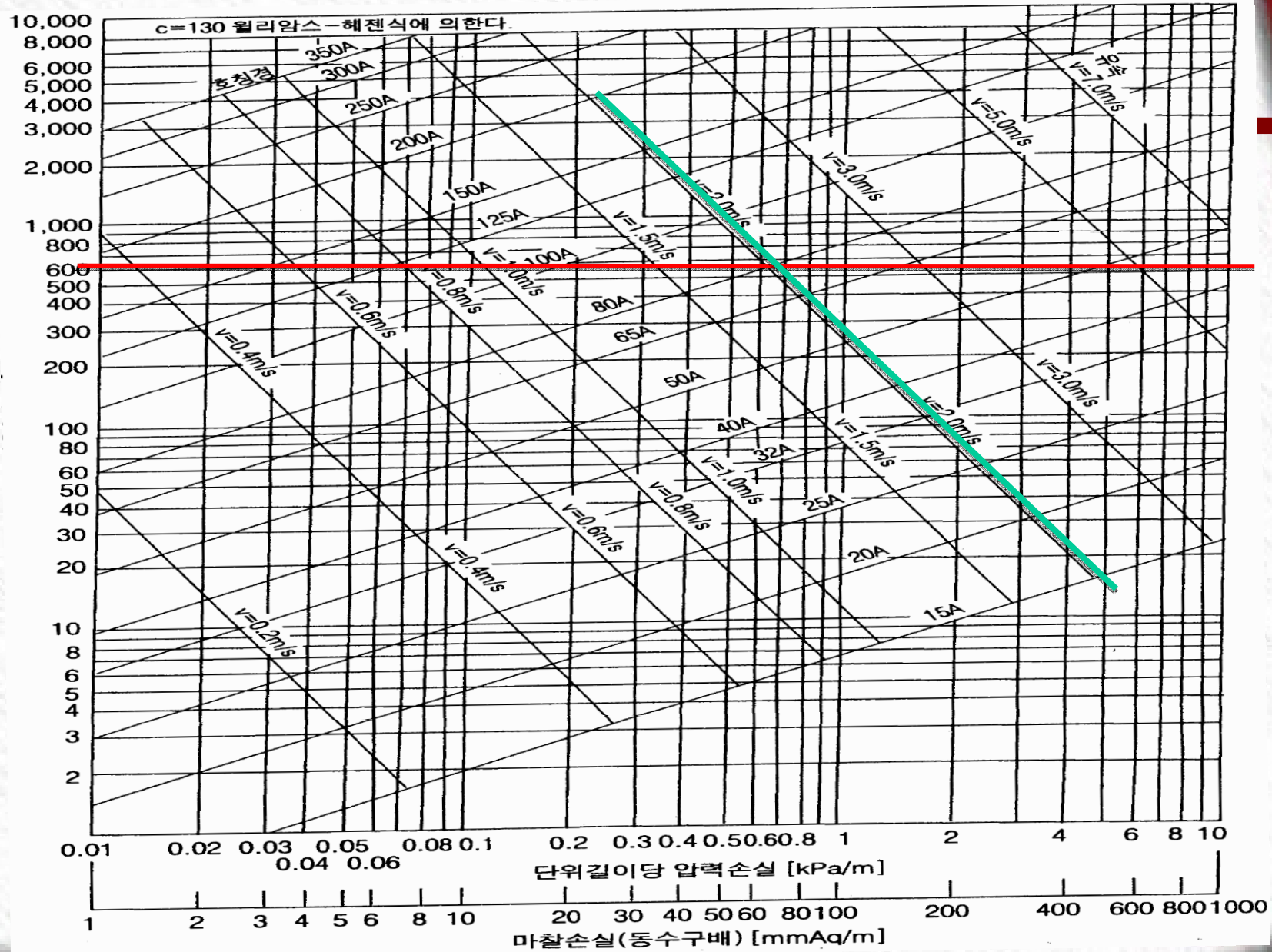
5.Constraints

$$g_1 : \frac{p(d + 2t)}{2t} - \sigma_{all} \leq 0$$

$$g_2 : -d + 20t \leq 0$$

$$g_3 : \frac{10.466Q^{1.852}L}{C^{1.852}d^{4.8704}} + (K_p + K_L + K_v)\frac{V^2}{2g} - h_{\max} \leq 0$$

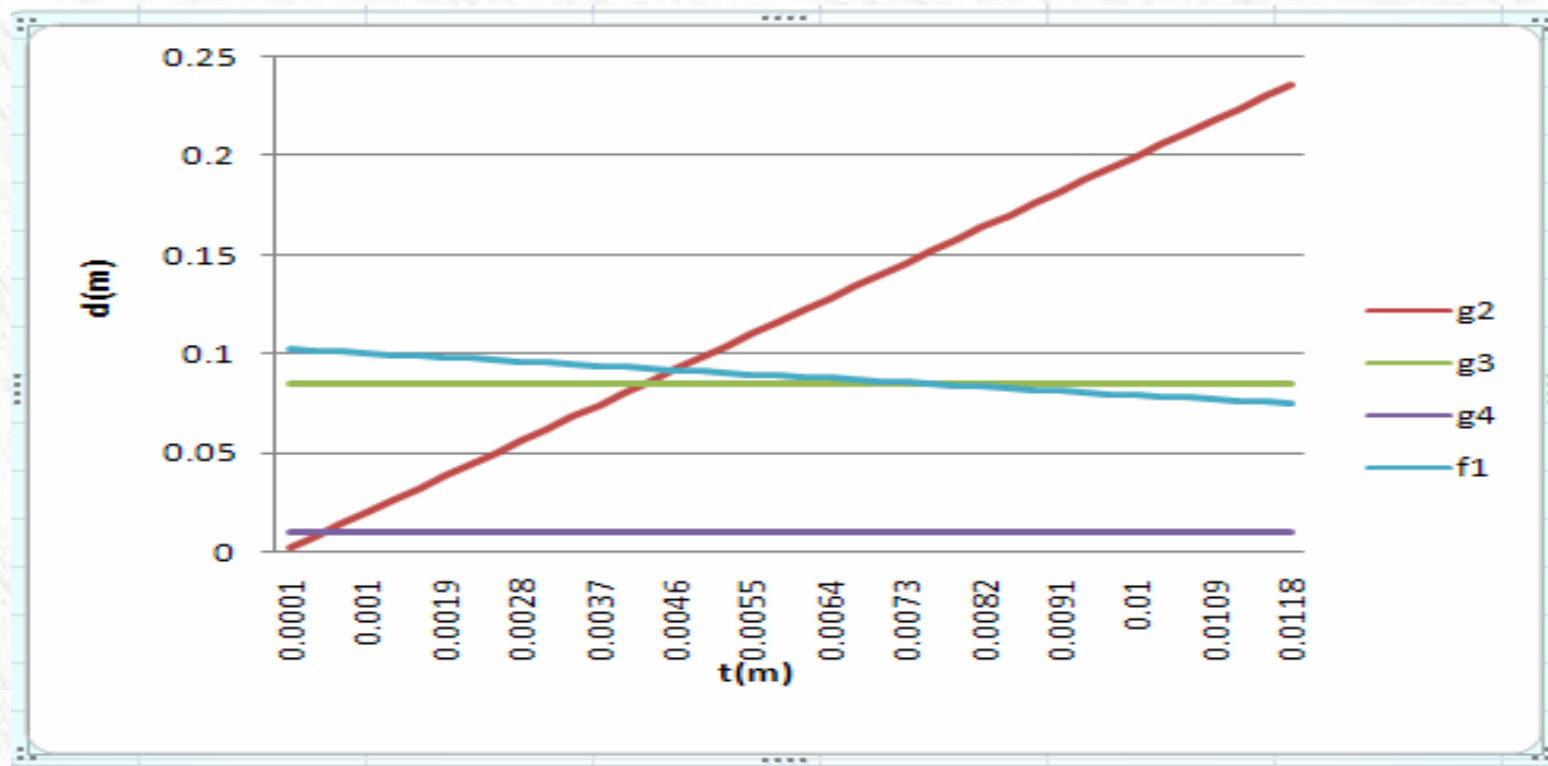
$$g_4 : \frac{Q}{\frac{\pi}{4}d^2} - V_{\max} \leq 0$$



2007-12-13

카르노

Excel

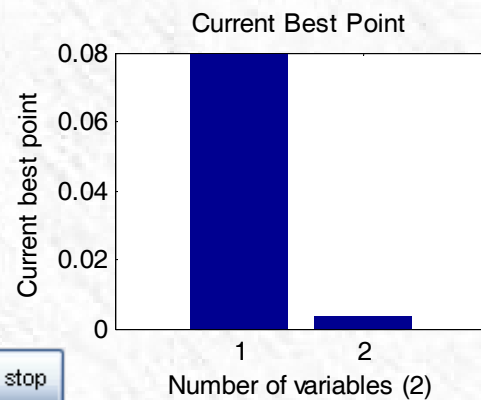
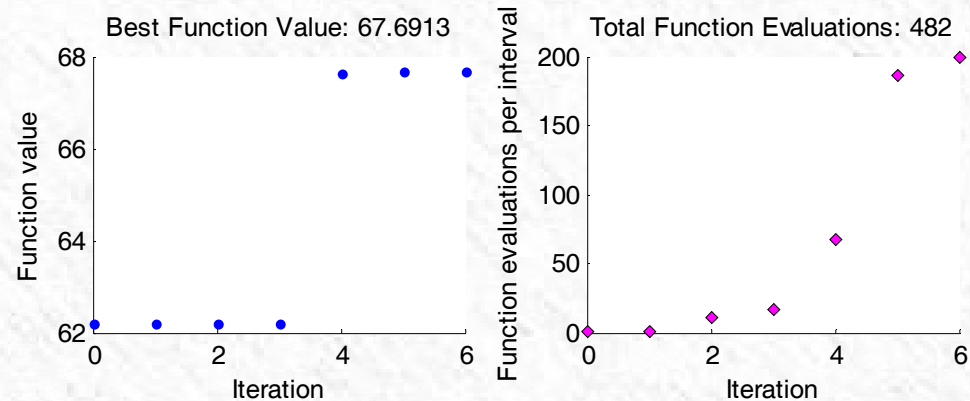


d	t	A	g1	g2	g3	g4	f1
0.078857	0.003943	0.001026	-1.8E+08	0	-2E-07	-1.844	66.72442

2007-12-13

카르노

Pattern Search



Current iteration: 6

Status and results:

Pattern search running.

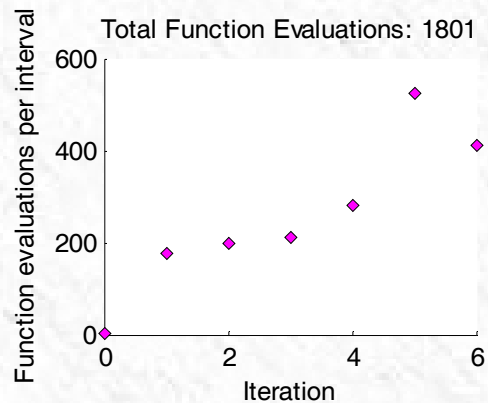
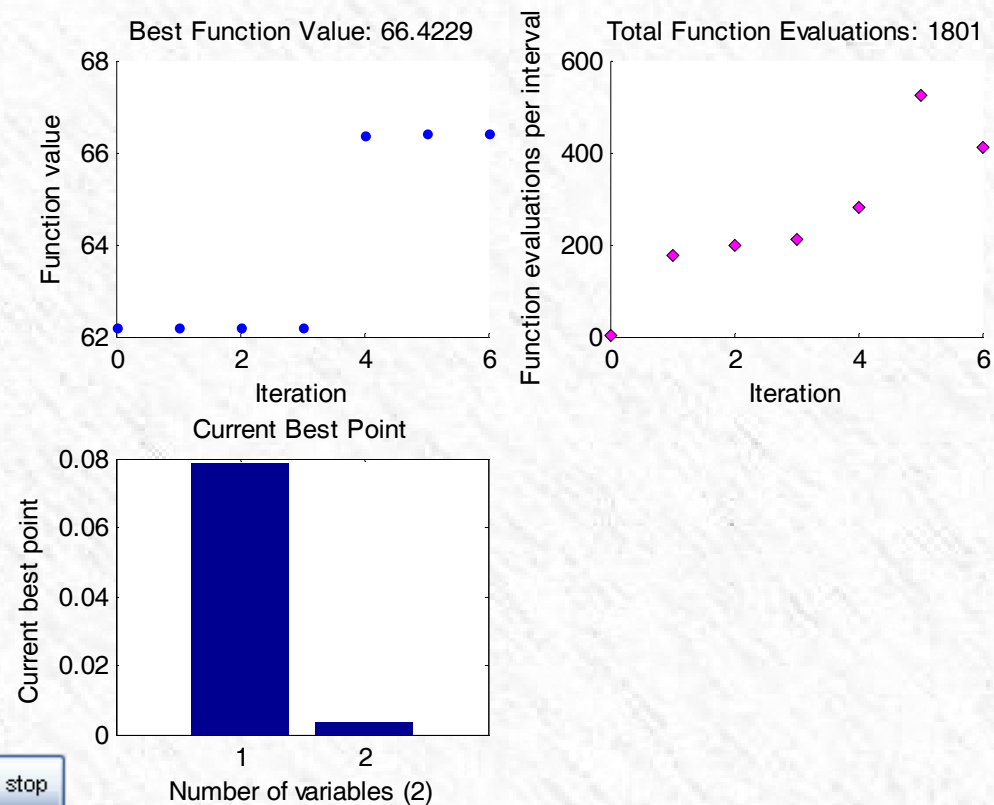
Pattern search terminated.

Objective function value: 67.69133287494245

Final point:

1	2
0,08	0,004

Genetic algorithm



Current iteration:

6

Status and results:

Pattern search running.

Pattern search terminated.

Objective function value: 66.4228829003144

Final point:

1	2
0.0785	0.00392

fmincon

```

          max
Iter F-count   f(x)  constraint  Step-size  Directional  First-order
                                derivative  optimality Procedure
    0      3   62.4173    0.0701                Infeasible start point
    1      6   67.6913         0          1      5.27    3.06e+003
    2      9   67.6913         0          1          0    3.06e+003 Hessian modified
Optimization terminated: first-order optimality measure less than options.TolFun
and maximum constraint violation is less than options.TolCon.
Active inequalities (to within options.TolCon = 1e-006):
    lower    upper    ineqlin    ineqnonlin
         1
x =
    0.0800    0.0040
fval =
    67.6913
```

6.Comments

● 압력배관용 탄소강 강관의 치수, 무게

호 칭 지름		바깥 지름 mm	호 칭 두께											
			스케줄 10		스케줄 20		스케줄 30		스케줄 40		스케줄 60		스케줄	
A	B		두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무게 kg/m	두께 mm	무 kg
6	1/8	10.5	-	-	-	-	-	-	1.7	0.369	2.2	0.450	2.4	0.4
8	1/4	13.8	-	-	-	-	-	-	2.2	0.629	2.4	0.675	3.0	0.7
10	3/8	17.3	-	-	-	-	-	-	2.3	0.851	2.8	1.00	3.2	1.1
15	1/2	21.7	-	-	-	-	-	-	2.8	1.31	3.2	1.46	3.7	1.1
20	3/4	27.2	-	-	-	-	-	-	2.9	1.74	3.4	2.00	3.9	2.2
25	1	34.0	-	-	-	-	-	-	3.4	2.57	3.9	2.89	4.5	3.1
32	1 1/8	42.7	-	-	-	-	-	-	3.6	3.47	4.5	4.24	4.9	4.1
40	1 1/2	48.6	-	-	-	-	-	-	3.7	4.10	4.5	4.89	5.1	5.1
50	2	60.5	-	-	3.2	4.52	-	-	3.9	5.44	4.9	6.72	5.5	7.1
65	2 1/2	76.3	-	-	4.5	7.97	-	-	5.2	9.12	6.0	10.4	7.0	12
80	3	89.1	-	-	4.5	9.39	-	-	5.5	11.3	6.6	13.4	7.6	15
90	3 1/2	101.6	-	-	4.5	10.8	-	-	5.7	13.5	7.0	16.3	8.1	18
100	4	114.3	-	-	4.9	13.2	-	-	6.0	16.0	7.1	18.8	8.6	22
125	5	139.8	-	-	5.1	16.9	-	-	6.6	21.7	8.1	26.3	9.5	30
150	6	165.2	-	-	5.5	21.7	-	-	7.1	27.7	9.3	35.8	11.0	41

표 3-18 배관 및 기기로 부터의 열손실

관 경 [A]	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
보온을 한 강관 [kcal/m · h · °C] ¹⁾	0.21	0.25	0.28	0.33	0.36	0.43	0.44	0.50	0.61	0.72	0.73

보온재를 사용한 강관의 규격 150(A)의 열손실을 기준으로 목적함수를 비교하면

보온재사용강관 $H=60\text{J/s}$

규격 80(A)의 강관: $H=67\text{J/s}$

이다.

최대유속과 최대수두손실값의 범위 안에 포함되므로 가격이 더 저렴한 규격 80(A)의 보온재를 사용하여 설계한 목욕탕배관보다 최적화된 값을 얻었다.

감사합니다.!!

2007-12-13

카르노