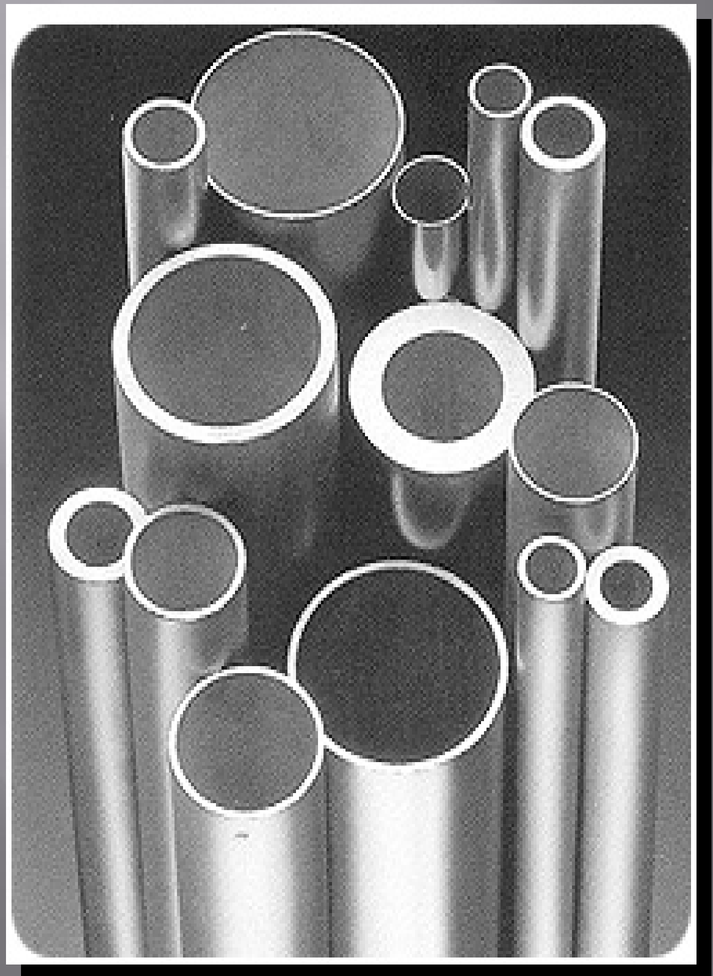
Economical design Of boiler pipe

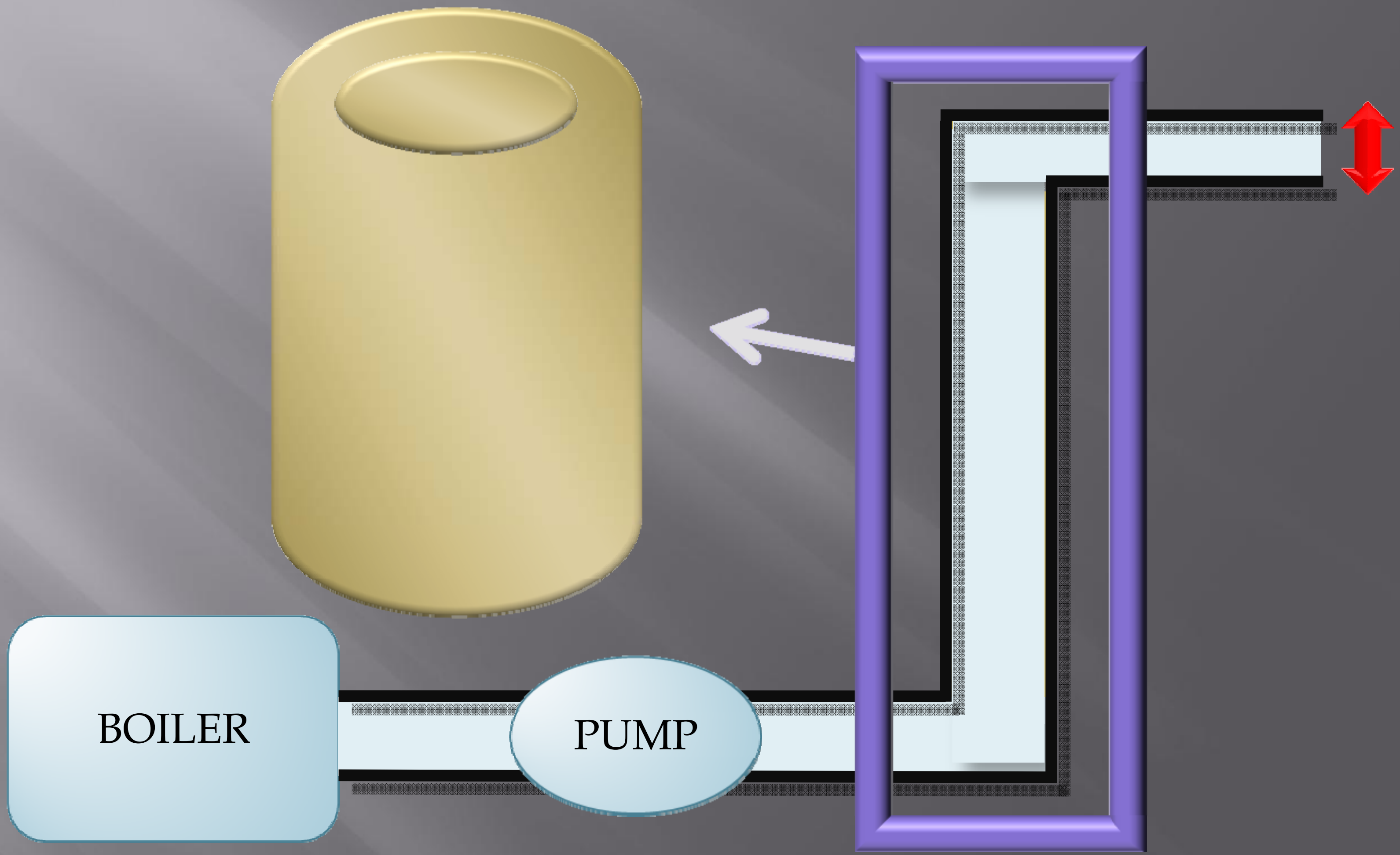


조 이름 : Opti-dea

2003006449 최경민
2003007475 염동진
2003008122 오세혁

CONTENTS

SIMPLIFICATION



Formulation of Project #1

Step 1. Project Statement

- 아파트 20층 보일러 온수 공급주관
- 주관은 일반적으로 사용하는 탄소강관(KS D 3562)
- 주관의 가격은 재질의 부피, 유체의 손실과 관련
- 주어진 구속 조건을 충족하는 보일러 주관
- 가격 효율 비 최적화

Formulation of Project #2

Step 2. Data and Information Collection

1. • Darcy-Weisbach Equation –by Fluid Mech.
2. • Von-Mises criterion-by Mech. Of Materials.
3. • Heat Transfer Equation –by Heat transfer.
4. • Vabration.

Formulation of Project #3
Additional costrain-vibration

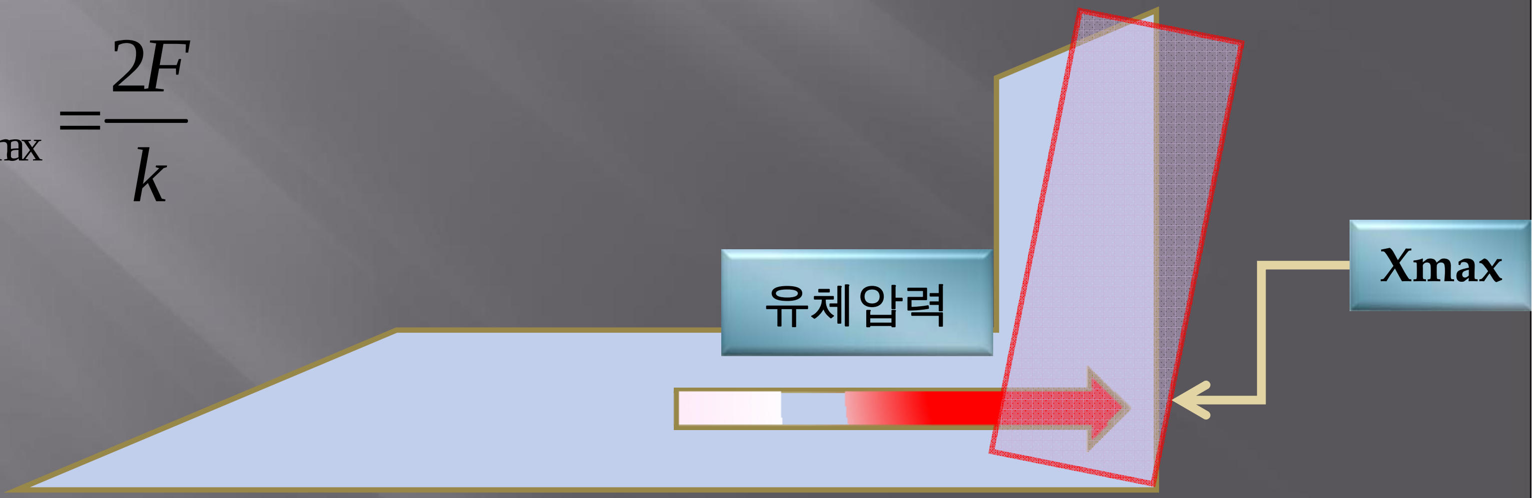
$$m\ddot{x}+k\dot{x}=F(t) -> \ddot{x}+\omega^2\dot{x}=f(t)$$

$$x(t)=\frac{F}{k}\left[1-\cos(\omega_d t-\vartheta)\right]$$

$$g_9 : 0.0003-\Delta p*\frac{18.85*d*t}{206.5*10^9}\le 0$$

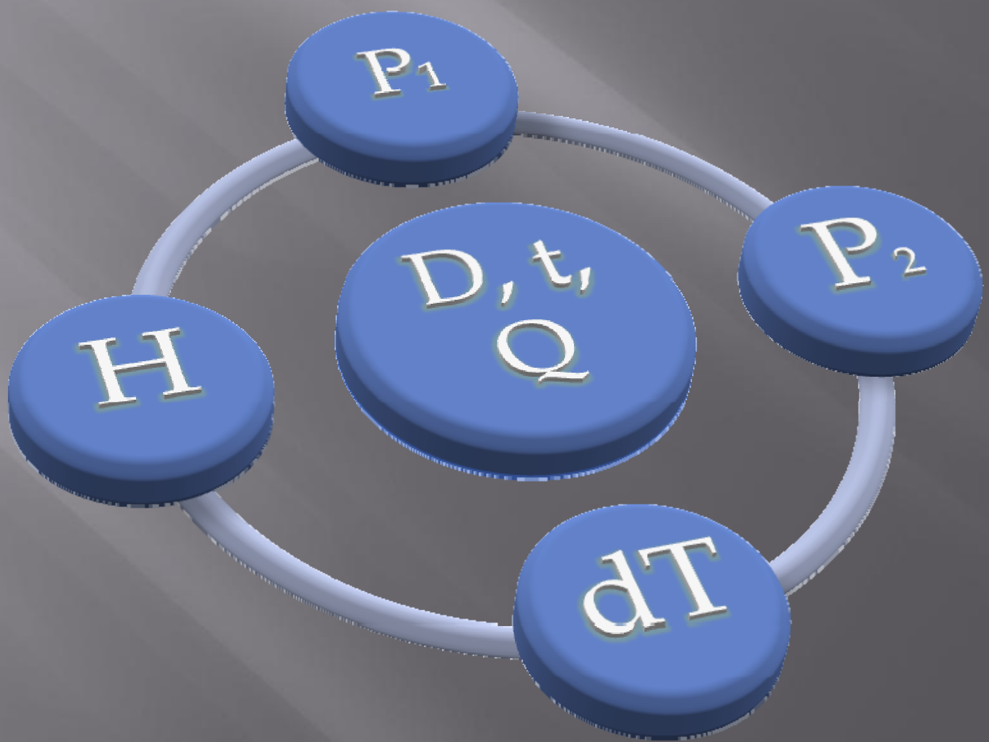
최대진폭 $\cos(\omega_d t)=-1$

$$x_{max}=\frac{2F}{k}$$



Formulation of Project #4

Step 3. Identification of Design Variable



Formulation of Project #5

Step 4. Identification of a Criterion to Be Optimized

$$f=\frac{유효가격}{공급가격}=\frac{\left(C_p\rho_w Q\Delta T-\dot{Q}\right)\mathrm{t}\times\alpha}{a\rho_p\pi\left(D+t\right)t\ell+C_p\rho_w Q\Delta T\times\mathrm{t}\times\alpha}$$

유효공급연료비

총공급연료비

초기설치비

$$\alpha=\left|\frac{won}{Jule}\right|=3.05\times10^{-6}\,won/Jule$$

$$a:강관가격/질량$$

Formulation of Project #6

Step 5. Constraint.

- $g_1 : (z_2 - z_1) - H + h_L + 60 \le 0$

$$h_{1-1} = 7.783(10^{-4})\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} + 0.0879\frac{Q^2}{D^4} \quad \left(\text{at } \frac{Q}{D} \le 0.0786\right)$$

$$h_{1-2} = \frac{Q^2}{D^5}\left[2.644(10^{-4}) + 6.527(10^{-4})\left(\frac{D}{Q}\right)^{0.237}\right] + 0.0879\frac{Q^2}{D^4}$$

$$\left(\text{at } 0.0786 \le \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{D}} \le 2.357\right)$$

- $g_2 : \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} - 33.33(10^6) \le 0$

- $g_3 : \dfrac{22600(D+2t)\Delta T}{(D+2t)\ln\left(\dfrac{D+2t}{D}\right) + 8} - 1 \le 0$

Formulation of Project #7

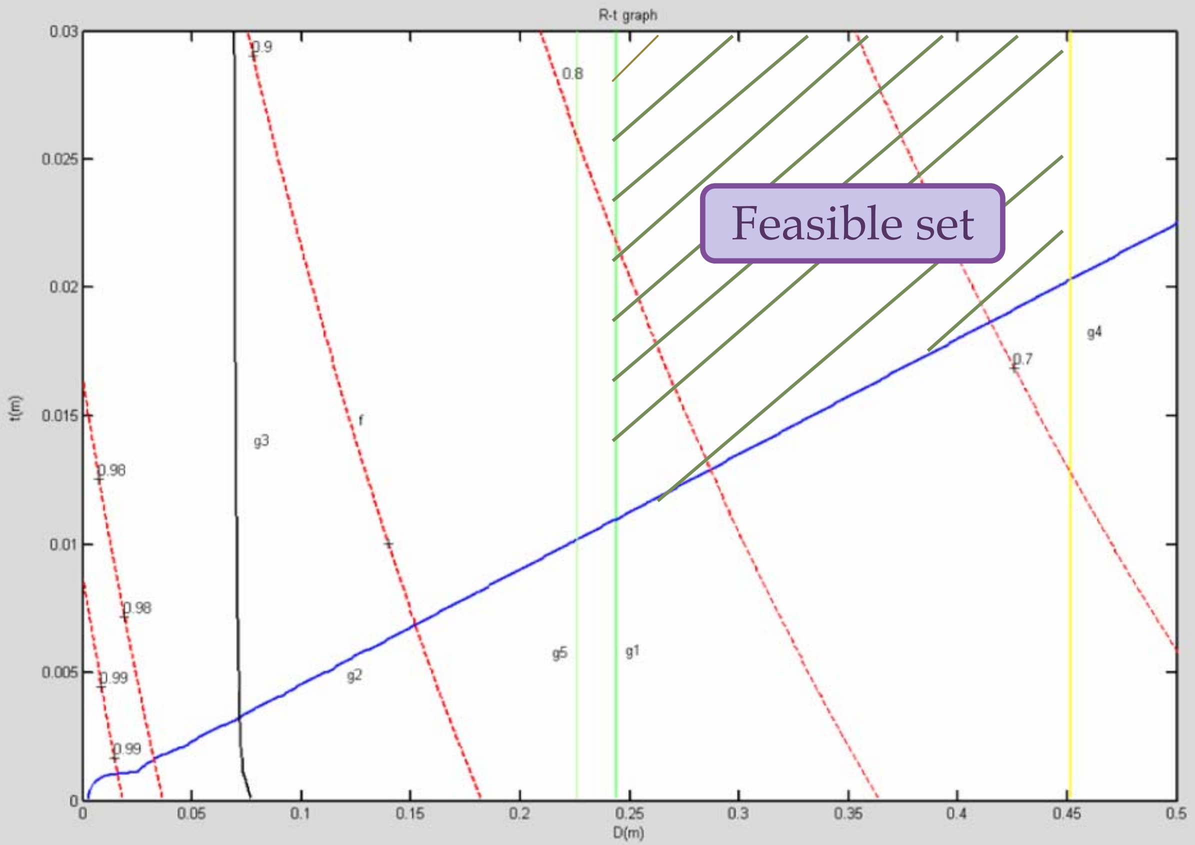
Step 5. Constraint.

- $g_4 : 0.393D^2 - Q \le 0$
- $g_5 : Q - 1.571D^2 \le 0$
- $g_6 : 0.05 - D \le 0$
- $g_7 : 0.001 - t \le 0$
- $g_8 : 0.01 - Q \le 0$
- $g_9 : 0.0003 - \Delta p \cdot \frac{18.85 \cdot d \cdot t}{206.5 \cdot 10^9} \le 0$

$h : Q = VA \rightarrow V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = 1.273\frac{Q}{D^2}$

Estimate solution by Matlab

GRAPHIC METHOD



3. Process of Design Analysis Solve by Excel (1)

1. 보일러관 최적설계

	기호	값	단위
Constant Variable	cp	500	(J/kg·K)
	row	9806	(N/m^3)
	a	0.001	
	alpa	0.00000305	(won/J)
	rop	7850	(N/m^3)
	k	50	(J/m·K)
	h	5	(J/m^2·K)
	qallow	250000	(W)
Design Variables	d(m)	t(m)	q(m^3/s)
	0.21403964	0.004599222	0.0667639
properties	p(p2-p1)	-100000	(Pa)
	H	50	(m)
	temp	60	K
	l	60	(m)
		equations	value
Optimization	Objective Function	-(cp*row*q*temp-qdot)*alpa/(a*rop*3.14*(d+t)*l+cp*row*q*temp*alpa)	-0.154312
	Constrain 1	p/9806+hl+l-H	0
	Constrain 2	(sigma1^2+sigma2^2-sigma1*sigma2)^0.5-33.33*10^6/2	-3.65E-07
	Constrain 3	qdot-qallow	0
	Constrain 4	0.393*d^2-q	-0.048759
	Constrain 5	q-1.571*d^2	-0.005208
	Constrain 6	0.01-q	-0.056764
	Constrain 7	0.001-t	-0.003599
	Constrain 8	0.05-d	-0.16404

sigma1	13961467	(Pa)
sigma2	-4487933	(Pa)
p1	600000	(Pa)
p2	500000	(Pa)
hl	0.197838	m
qdot	250000	W

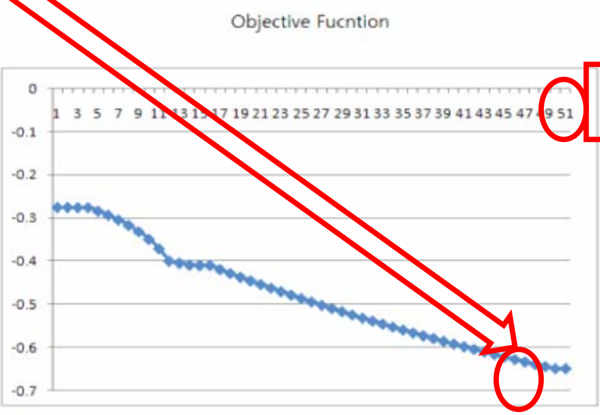
equility constraints를 inequility constraints에 대입

Solve by Excel (2)

시나리오 요약

	현재 값:	1	2	3	4	5	6	
변경 셀:								
d	0.21403964	0.155	0.154944681	0.154833932	0.154766878	0.148516878	0.141885435	0.1348
t	0.004599222	0.00356	0.003504375	0.003393012	0.003325586	0.003191288	0.003048794	0.00289
q	0.066763895	0.0100001	0.0100001	0.0100001	0.0100001	0.0100001	0.0100001	0.010
결과 셀:								
E21	-0.648613377	-0.275026522	-0.275167335	-0.275449679	-0.275620904	-0.283976991	-0.293410514	-0.30418

참고: 현재 값 열은 시나리오 요약 보고서가 작성될 때의 변경 셀 값을 나타냅니다. 각 시나리오의 변경 셀들은 회색으로 표시됩니다.

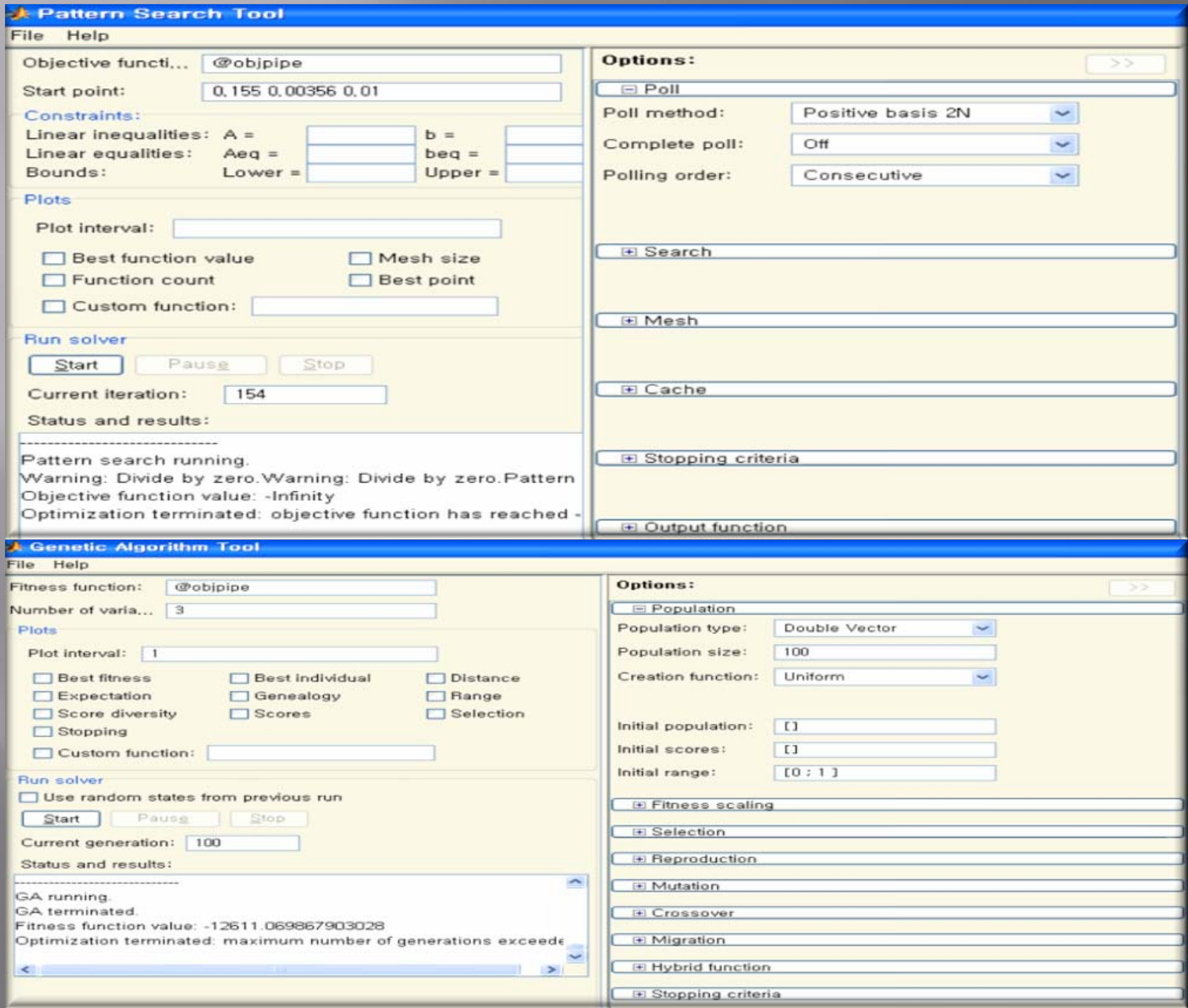


50번 만에 수렴

초기값의 영향을 최소화 하고자 실질적으로 사용되는 파이프의 치수 대입

D=155.58mm,
t=3.56mm,
Q=0.01m³/sec

Solve by Matlab- GA, Psearch



구속 조건이 없기 때문에 unbounded 한 값이 나왔다.

Solve by Matlab - fmincon (1)

Editor - C:₩Program Files₩MATLAB704₩work₩conpipe.m*

```
function[c,ceq]=conpipe(x)
c(1)=-100000/9806*x(3).^2./(x(1).^5)*(2.644*10^-4*(6.527*10^-4)*(x(1)./x(3))^(0.237))+0.0879*(x(3)^2)./(x(1).^4)+10;
c(2)=((600000./(2/x(1)*x(2))).^2+(x(1).^2*(600000-9806*60)./(4*x(2)*(x(1)+x(2)))-7850*9.81*60).^(2)-(600000./(2/x(1)*x(2)))*(x(1).^2*(600000-9806
c(3)=60/((log((x(1)+2*x(2))./x(1))/(2*pi()*50*60))+1/(2*pi()*60*50*(x(1)+2*x(2))))-250000;
c(4)=0.393*x(1).^2-x(3);
c(5)=x(3)-1.571*x(1)^2;
c(6)=0.01-x(3);
c(7)=0.001-x(2);
c(8)=0.1-x(1);
ceq=[];
```

Editor - C:₩Program Files₩MATLAB704₩work₩objpipe.m*

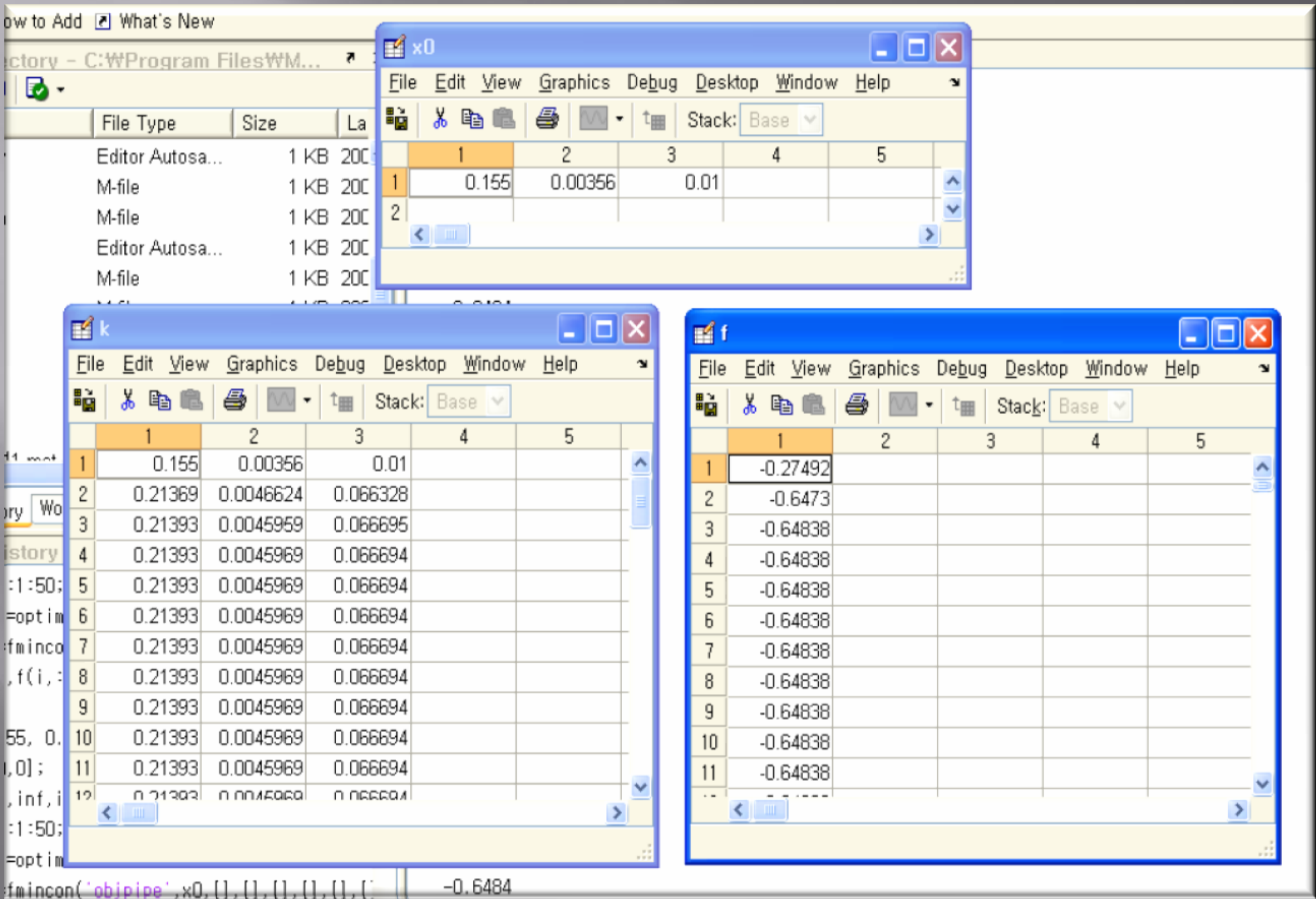
```
function f=objpipe(x)
f=-((5000*9806*60*x(3)-60/((log((x(1)+2*x(2))./x(1))/(2*pi()*50*60))+1/(2*pi()*60*50
   *(x(1)+2*x(2)))))*0.00000305/(0.001*7850*pi()*(x(1)+x(2))*60*5000*9806*x(3)*60*0.00000305));
```

Editor - C:₩PROGRA~1₩MATLAB~1₩

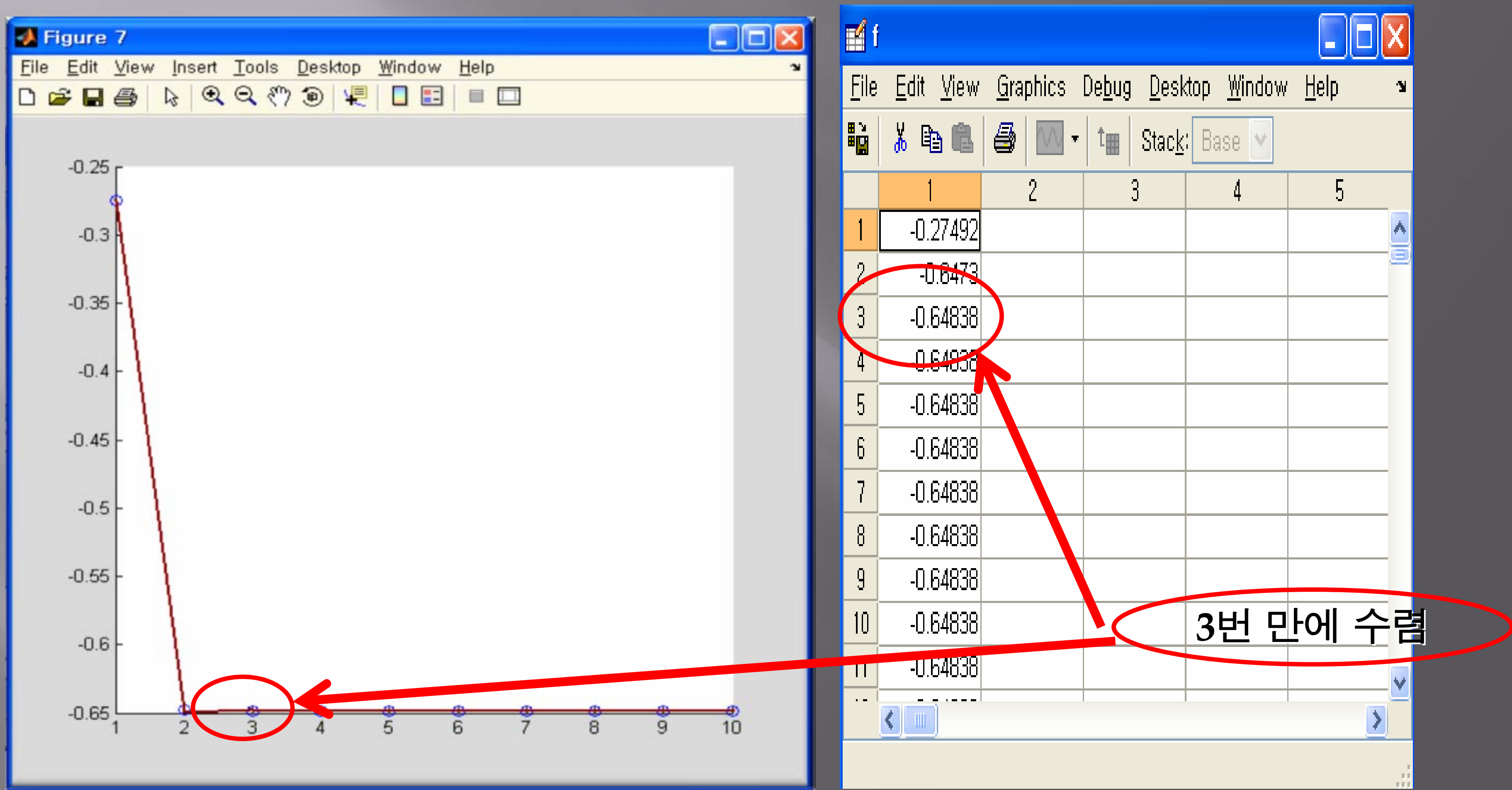
```

x0=[0.155, 0.00356, 0.01];
lb=[0,0,0];
ub=[inf,inf,inf];
for i=1:1:50;
options=optimset('MaxIter',i);
x(i,:)=fmincon('objpipe',x0,[],[],[],[],[],[],'conpipe',options);
[k(i,:),f(i,:)]=fmincon('objpipe',x0,[],[],[],[],[],[],'conpipe',options);
end
```

Solve by Matlab - fmincon (2)



Solve by Matlab – fmincon (3)



Comparsion of Excel & Matlab

동일한 초기값 (d=155.58mm, t=3.56mm, Q=0.01m^3/sec)을 대입한 경우

Excel : 50 iteration

Matlab: 3 iteration

→ 최적해를 찾는 방법의 차이에서 기인

4.Comparison with existing design

현재 시중에서 사용되는 파이프 규격

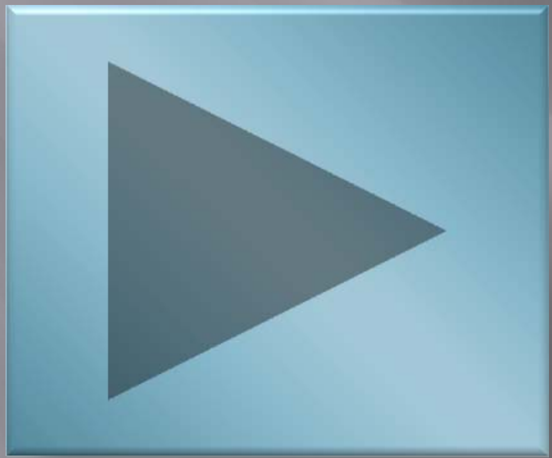
형 TYPE	호칭경 (A)	호칭경 (B)	실외경 (mm)	두께 (mm)	중량 (kg/m)	상용압력(kgf/㎠) 경질	상용압력(kgf/㎠) 연질	용도
K	8	1/4	9.52	0.89	0.216	111.0	71.6	의료배관 고압배관
	10	3/8	12.70	1.24	0.399	123.0	79.7	
	15	1/2	15.88	1.24	0.510	95.3	61.6	
	-	5/8	19.05	1.24	0.620	78.7	50.9	
	20	3/4	22.22	1.65	0.953	90.8	58.7	
	25	1	28.58	1.65	1.248	69.7	45.1	
	32	1 1/4	34.92	1.65	1.542	56.6	36.6	
	40	1 1/2	41.28	1.83	2.208	53.7	34.7	
	50	2	53.98	2.11	3.074	46.1	29.8	
	65	2 1/2	66.68	2.41	4.350	43.2	27.9	
	80	3	79.38	2.77	5.960	42.4	27.4	
	100	4	104.78	3.40	9.681	38.7	25.0	
	125	5	130.18	4.06	14.381	37.2	24.0	
	150	6	155.58	4.88	20.665	38.1	24.7	
	200	8	206.38	6.88	38.549	41.2	26.6	
	250	10	257.18	8.59	59.974	41.5	26.9	
L	8	1/4	9.52	0.76	0.187	95.4	61.7	의 료 배 관 급·배수배관 급 탕 배 관 냉·난방배관 가 스 배 관 소 화 배 관 상수도배관
	10	3/8	12.70	0.89	0.295	81.7	52.8	
	15	1/2	15.88	1.02	0.426	74.5	48.1	
	-	5/8	19.05	1.07	0.540	63.3	42.2	
	20	3/4	22.22	1.14	0.675	61.1	38.8	
	25	1	28.58	1.27	0.974	52.6	34.0	
	32	1 1/4	34.92	1.40	1.318	47.9	31.0	
	40	1 1/2	41.28	1.52	1.697	53.7	34.7	
	50	2	53.98	1.78	2.610	38.5	24.9	
	65	2 1/2	66.68	2.03	3.686	35.5	22.9	
	80	3	79.38	2.29	4.958	34.1	22.0	
	100	4	104.78	2.79	7.992	31.5	20.4	
	125	5	130.18	3.18	11.343	28.8	18.6	
	150	6	155.58	3.56	15.200	27.3	17.6	
	200	8	206.38	5.08	28.721	29.7	19.2	
	250	10	257.18	6.35	44.734	29.8	19.2	
	10	3/8	12.70	0.64	0.217	57.2	37.0	
	15	1/2	15.88	0.71	0.303	51.5	33.3	
	20	5/8	22.22	0.81	0.487	39.6	25.6	
	25	1	28.58	0.89	0.692	34.4	22.2	

최적해
D=214.04mm ,t=4.60mm
Q= 0.06676m^3/s
화살표 f=-0.648613

구속조건을 모두 만족 시키는 실제 파이프
D=257.18mm ,t=6.35mm

화살표 f=- 0.605068

4.Comparison with existing design



풍산 파이프
박00 부장님 인터뷰

5.Comment

1
- 산업현장에서 보일러 파이프를 설계할 때는 파이프가 사용되는 압력에 따라 정형화 되어 있는 Table을 이용

2
- 보일러 파이프는 열이 이동하는 매체임에도 실제 파이프 설계 시 열 손실은 설계 배제

3
- 실제 사용되는 파이프와 비교 결과 열손실과 적정유량을 고려하여 설계한 우리 파이프가 효율이 더 좋음