

라면 나와라 뚝딱!

-라면 냄비 최적화

기발한 조

김규섭(2004006077)

전준호(2004008404)

Contents

Step 1 Problem Statement

Step 2 Data and Information Collection

Step 3 Identification of Design Variables

Step 4 Cost Function

Step 5 Identification of Constraints

Step. 1 Problem Statement

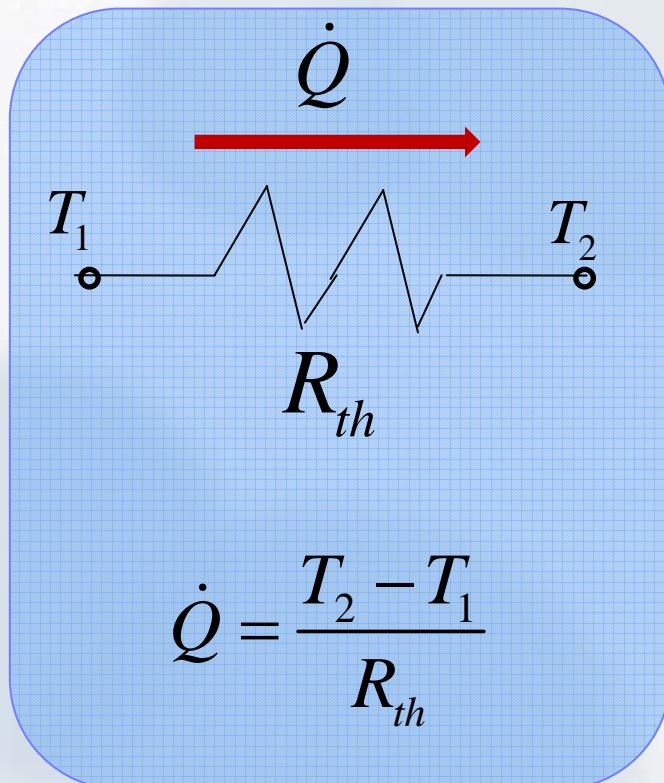
- 양은 냄비의 주요 구성 성분 : 알루미늄
 - 중금속의 노출 위험
- 열 또는 힘에 변형이 생기지 않고 형상을 유지
- 현 냄비의 비슷한 정도의 열전달률 필요
- 인덕터의 크기를 넘어서면 안됨
- 냄비의 부피는 라면 한 개를 끊일수 있는 양
- 구리 값이 고가이므로 최소한의 재료사용

Step. 2 Data and Information Collection

- 라면 한 개의 물의 양 : 550 mL
- 음식물의 양은 냄비용량의 60~70%가 적당
- 많이 쓰이는 양은 냄비의 규격 : 16cm(내구경)x7.5cm(높이)
- 시중에 쓰이는 인덕터의 지름 : 175 mm
- 끓일 라면의 크기 : 지름이 대략 140 mm 정도
- 설계에 사용할 재료 : 구리
(열전도도 : $398 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, 열팽창률 : $\alpha=16.6 \times 10^{-6}$
밀도 : 8930 kg/m^3)

Step. 2 Data and Information Collection (1)

■ 양은냄비 Vs 구리냄비 열 전달량



$$\dot{Q}_{Al} \leq \dot{Q}_{Cu}$$

$$\Delta T_{Al} = \Delta T_{Cu}$$

$$R_{Al} \geq R_{Cu} \Rightarrow \frac{t_{Cu}}{k_{Cu} D_{Cu}^2} - \frac{t_{Al}}{k_{Al} D_{Al}^2}$$

Step. 2 Data and Information Collection (2)

■ 냄비의 밑면이 받는 힘

열변형에 의한 응력

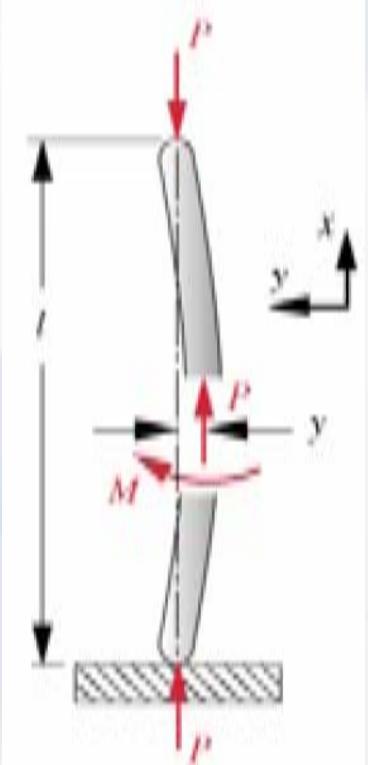
$$\sigma = E\alpha\Delta T$$



좌굴에 의한 응력

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 Et^2}{12D^2}$$

$$\sigma \leq \sigma_{cr} \Rightarrow \alpha\Delta T - \frac{\pi^2 t^2}{12D^2} \leq 0$$



Step. 3 Identification of Design Variables

■ 냄비의 형상에 영향을 주는 설계변수

Diameter

Thickness

Step. 4 Cost Function

가격이 가장 저렴한 최적의 냄비를 설계

$$f(D, t) = \rho \left(\frac{\pi}{4} D^2 + \pi D h \right) t$$

부피조건을 이용하여 D와 t만의 함수로 표현하면,

$$V = \frac{\pi}{4} (D - 2t)^2 h = 920 \text{ mL} = 920 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$f(D, t) = \rho \left(\frac{\pi}{4} D^2 + \frac{4 \times 920 \times 10^3 D}{(D - 2t)^2} \right) t$$

Step. 5 Identification of Constraints (1)

- 열 저항

$$g_1 = \frac{t}{398 \times 10^{-3} D^2} - \frac{3}{(138 \times 10^{-3})(160)^2} \leq 0$$

- 열 응력

$$g_2 = (16.6 \times 10^{-6})(75) - \frac{\pi^2 t^2}{12 D^2} \leq 0$$

- 인덕터의 크기에 따른 지름

$$g_3 = D_{Cu} \leq D_{Inductor} \Rightarrow D - 175 \leq 0$$

Step. 5 Identification of Constraints (2)

- 라면의 크기에 따른 지름

$$g_4 = D_{Cu} \geq D_{Ramen} \Rightarrow 140 - D \leq 0$$

- 냄비의 두께

$$g_5 = t \geq 0 \Rightarrow -t \leq 0$$

Objective function & Constraints

Minimize
$$f(D, t) = \rho \left(\frac{\pi}{4} D^2 + \frac{4 \times 920 \times 10^3 D}{(D - 2t)^2} \right) t$$

Subject to
$$g_1 = \frac{t}{398 \times 10^{-3} D^2} - \frac{3}{(138 \times 10^{-3})(160)^2} \leq 0$$

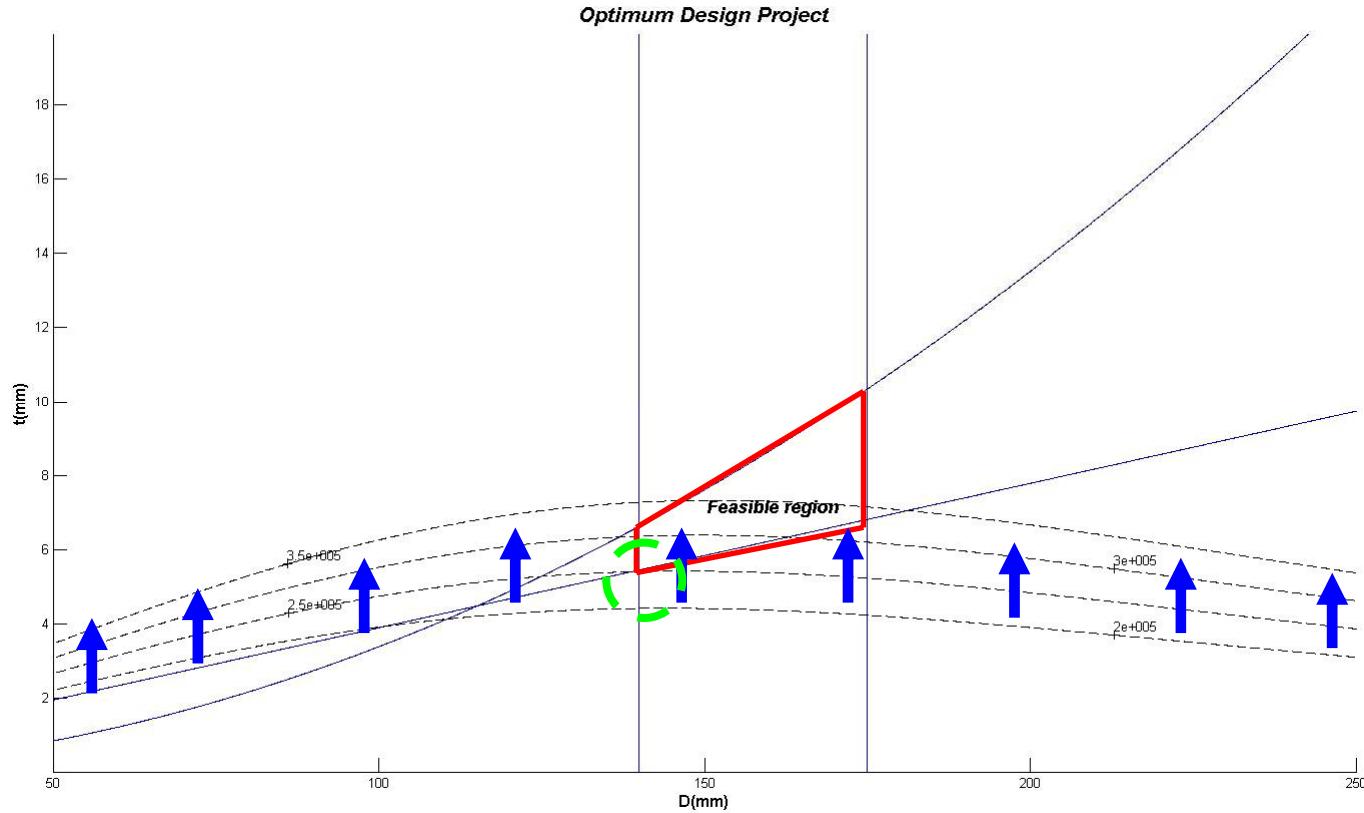
$$g_2 = (16.6 \times 10^{-6})(75) - \frac{\pi^2 t^2}{12 D^2} \leq 0$$

$$g_3 = D - 175 \leq 0$$

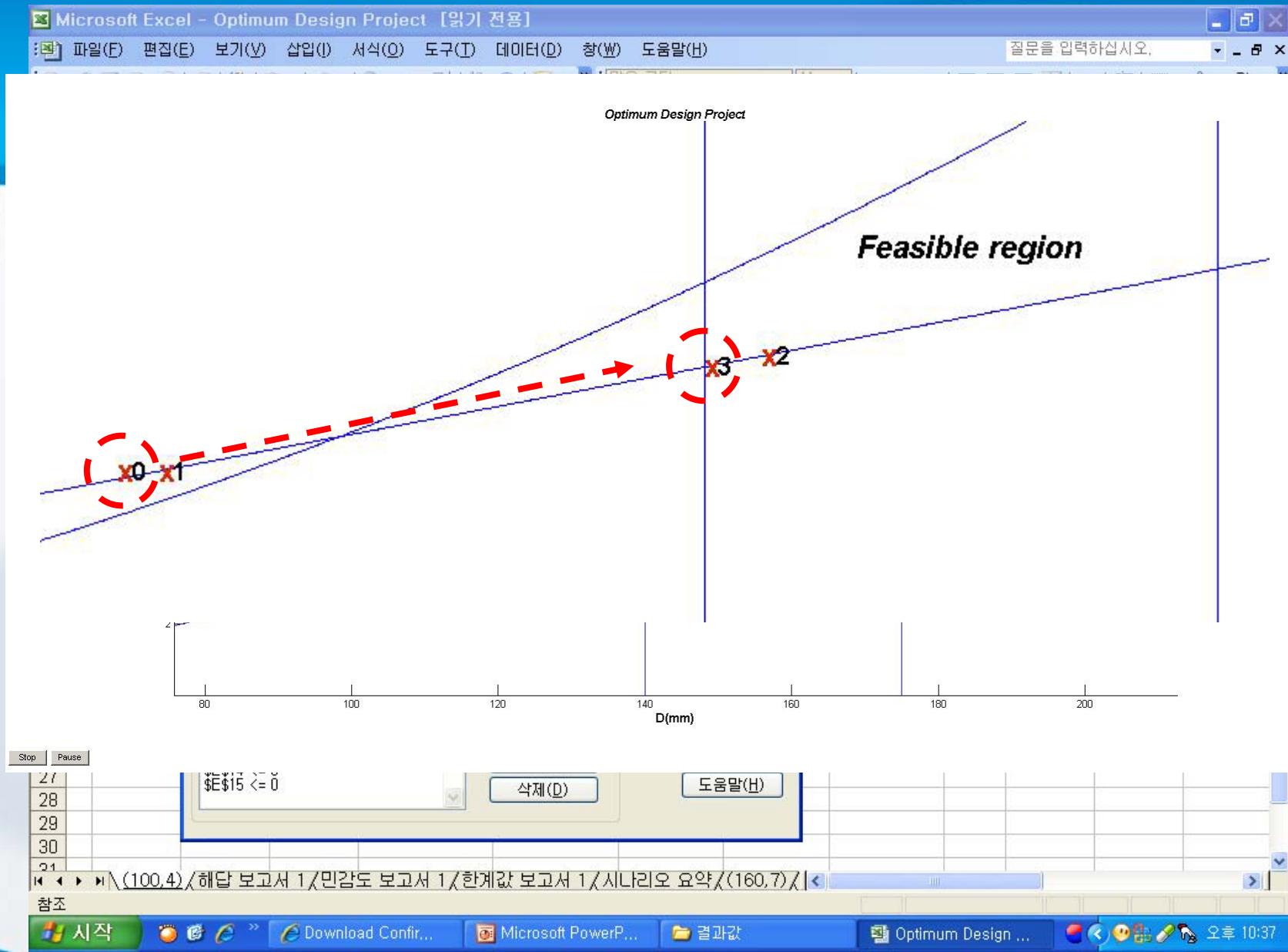
$$g_4 = 140 - D \leq 0$$

$$g_5 = -t \leq 0$$

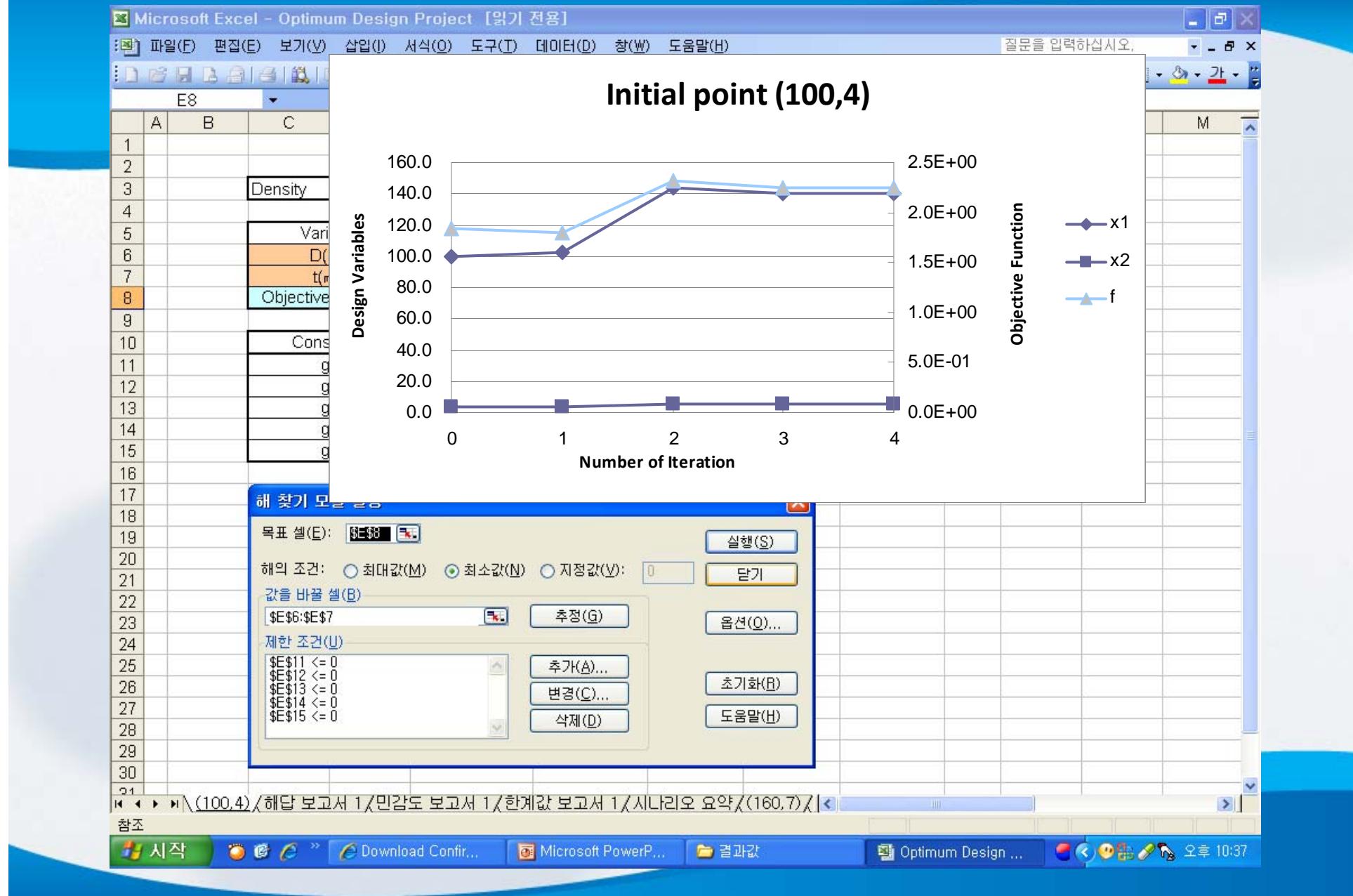
Graphical Solution



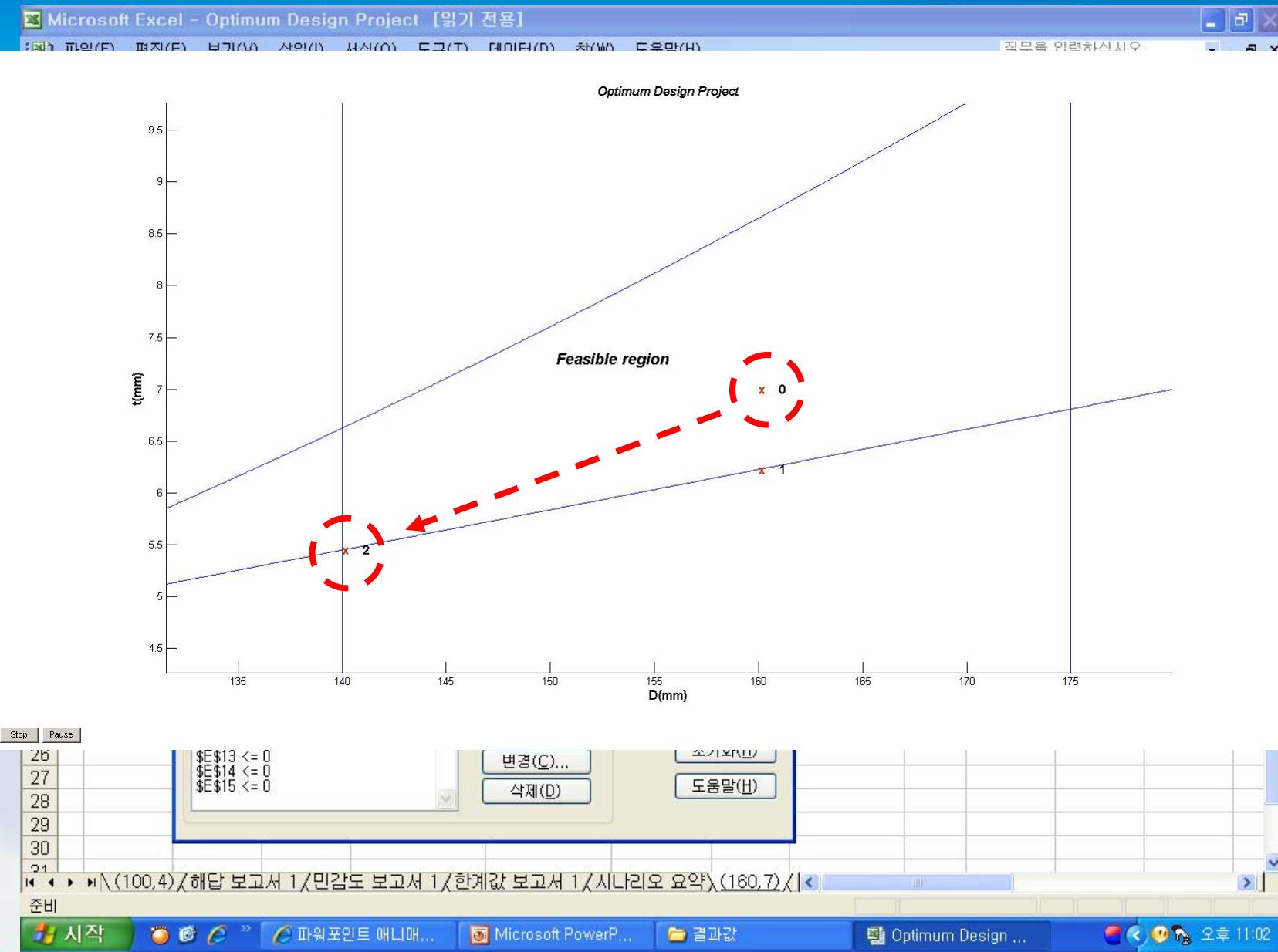
The solution of the project – (1) EXCEL SOLVER



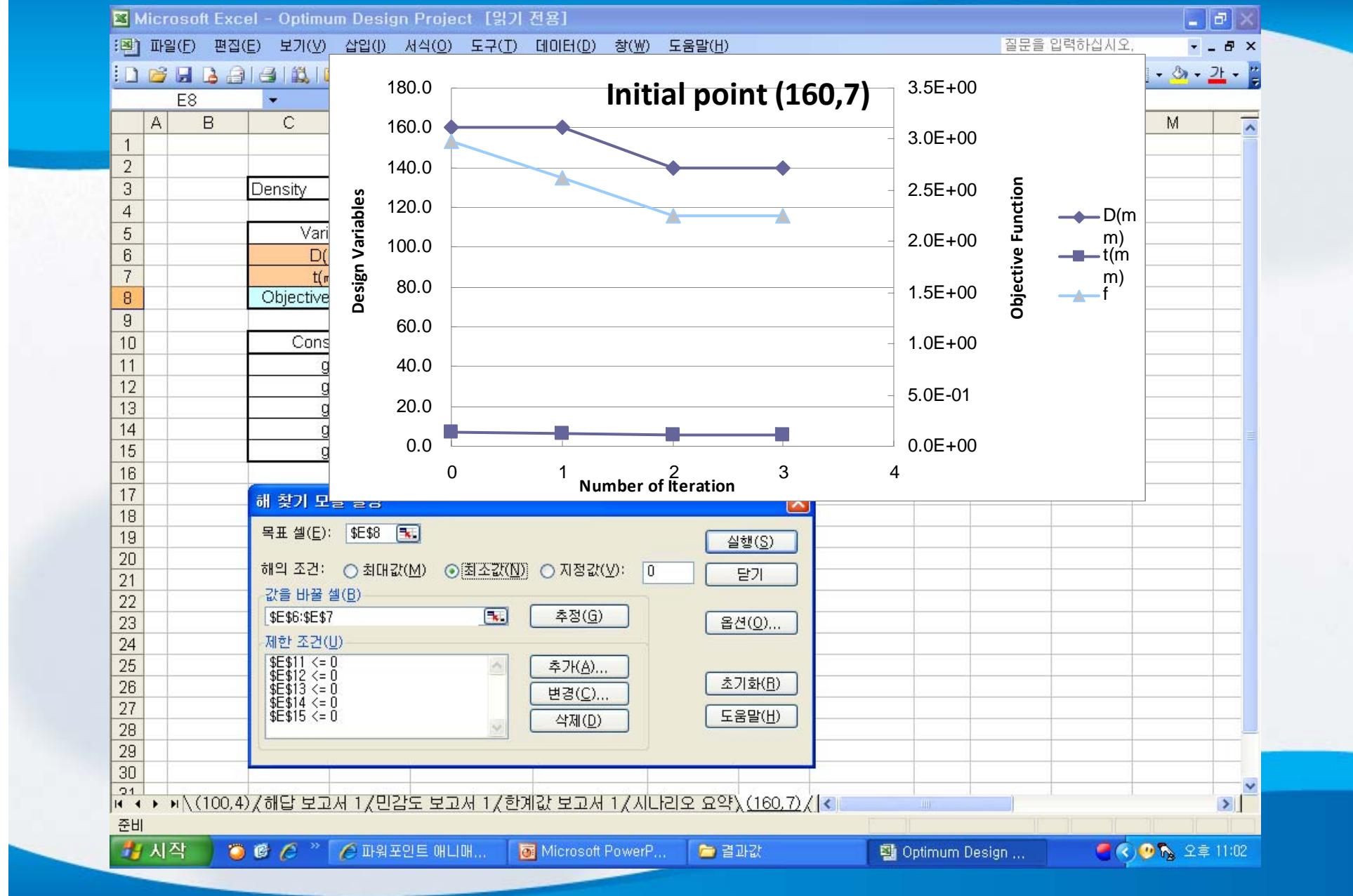
The solution of the project – (1) EXCEL SOLVER



The solution of the project – (1) EXCEL SOLVER



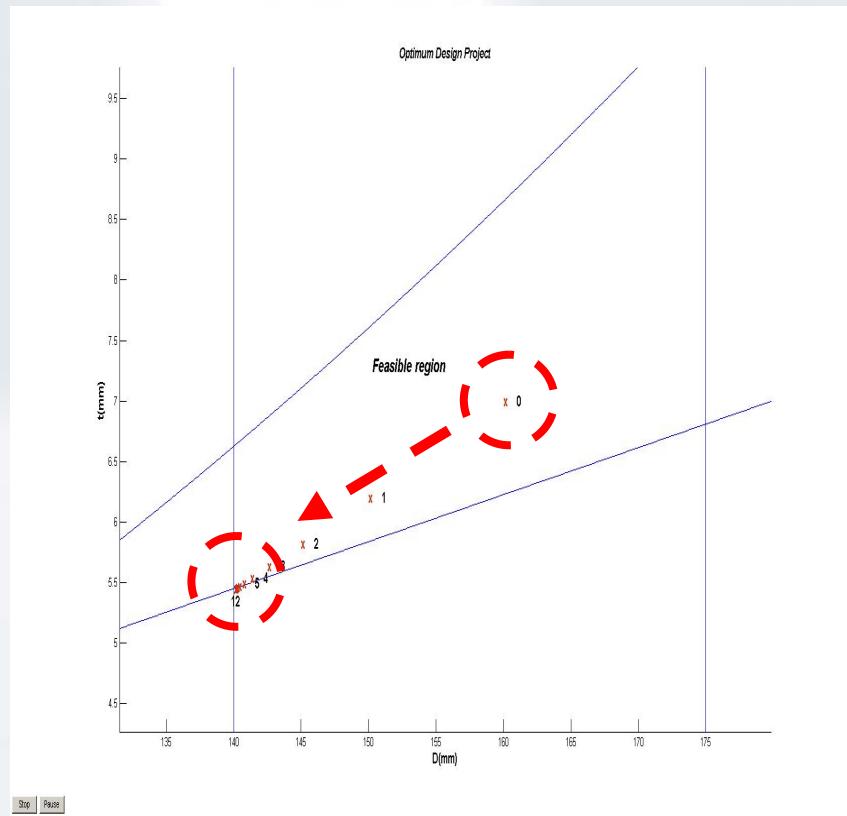
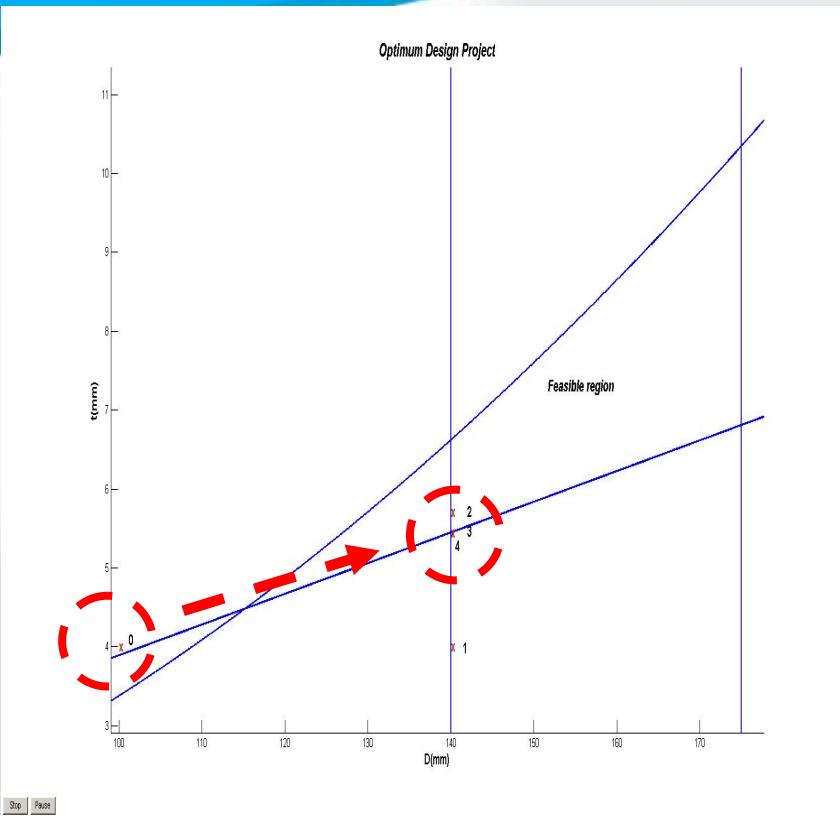
The solution of the project – (1) EXCEL SOLVER



The solution of the project – (2) fmincon

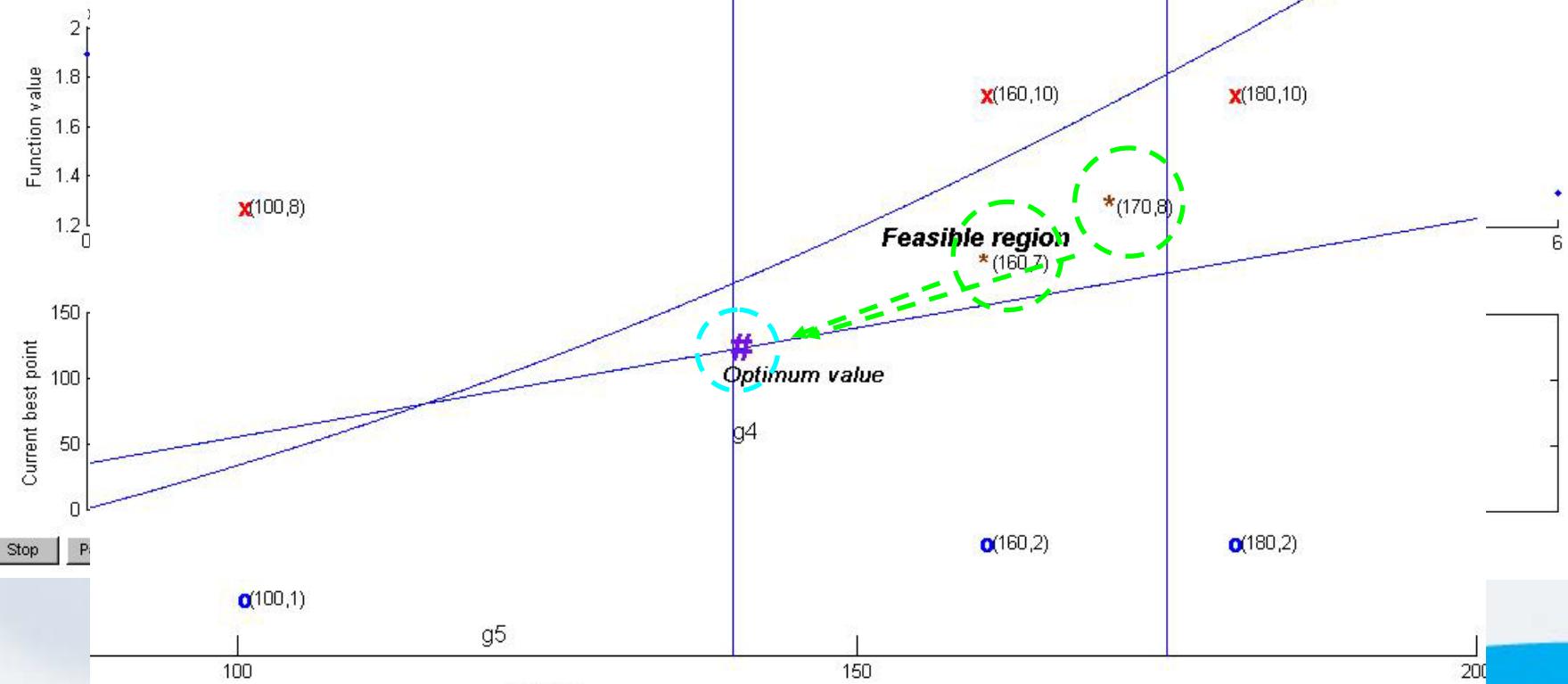
```
>> options=optimset('LargeScale','off','GradObj','on','Gradconstr','on');
>> options=optimset(options,'plotFcns',{@optimplotHistory});
>> lb=[140,0];
>> ub=[175,inf];
>> x0=[100,4];
>> [x,fval,exitflag, output]=fmincon('fun',x0,[],[],lb,ub,'confun',options)
```

```
>> options=optimset('LargeScale','off','GradObj','on','Gradconstr','on');
>> options=optimset(options,'plotFcns',{@optimplotHistory});
>> lb=[140,0];
>> ub=[175,inf];
>> x0=[160,7]; %start point in the feasible region.
>> [x,fval,exitflag, output]=fmincon('fun',x0,[],[],lb,ub,'confun',options)
```

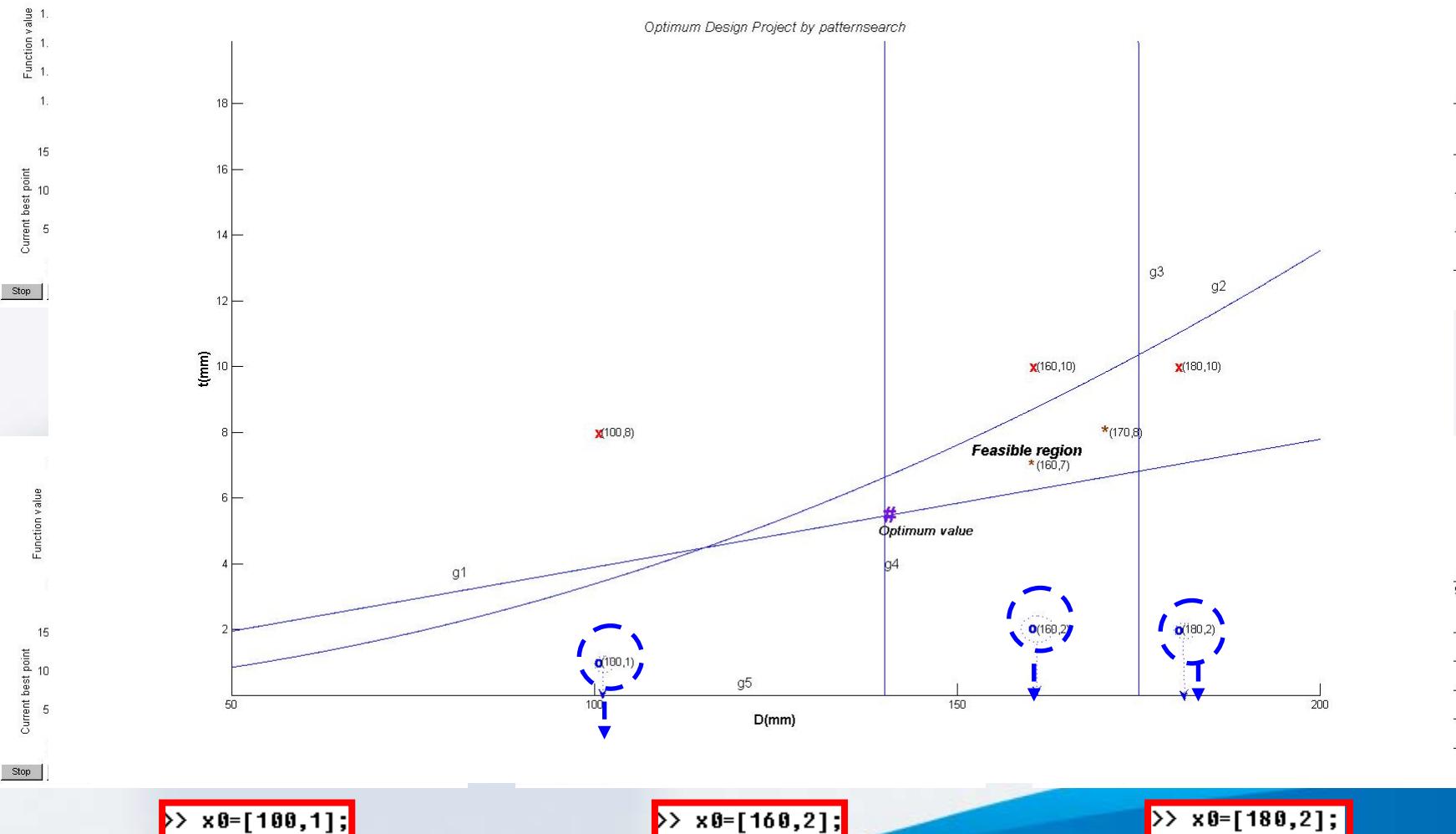


The solution of the project – (3) patternsearch

```
>> lb=[140,0]
>> ub=[175,100]
>> x0=[160,7]
>> options=ps
>> [x, fval,
```



The solution of the project – (3) patternsearch



Discussion

- Optimum solution

$D : 140 \text{ mm}$

$t : 5.4470 \text{ mm}$

- Objective function : 2.255 kg

Discussion

금속	가격 (dollar/ton)	쓰인 재료의 가격(원)
Cu	7026	18265.5
Al	2107	5218.1

- 실제 양은냄비의 가격(지를 140 mm 기준) :
대략 3000~5000원 정도
- 재료 가격에서부터 가격 차이가 많이 남
→ 구리의 열전도도와 스테인리스의 안정성을
결합한 삼중 압축 냄비 개발

Reference

- **Mechanics of Materials, F.P Beer, Mcgraw Hill**
- **Heat transfer ; a practical approach,cengel, Yunus A, Mcgraw hill**
- www.mdtoday.co.kr/health/news/index.html?cate=12&no=17088
- www.GMS.co.kr
- www.matweb.com