

최대이익을 고려한 연필설계

2008.10.

HB 팀

2003008326 채민영

2003007981 박성민





Contents

- 1 Project/Problem Statement
- 2 Data and Information Collection
- 3 Identification of Design Variables
- 4 Identification of a Criterion to Be Optimized
- 5 Identification of Constraints
- 6 엑셀과 MATLAB으로 최적값 찾기
- +
- 7 다른 설계변수 일 때의 결과값 비교



Project/Problem Statement

- 가는 선을 그릴 수 있도록 연필심은 가늘어야 한다.
- 부러지지 않을 정도로 연필심은 굵어야 한다.
- 연필심은 가늘게 하여 최대 이익을 남기도록 한다. 연필의 가격은 1000원이다.
- 필기 감을 위한 설계가 되어야 한다.
- 연필심이 1/2이상 낭비되지 않도록 하는 연필깎이를 설계해야 한다.
- 연필의 길이는 15cm가 되어야 한다.

2

Data and Information Collection

연필심의 부하량



■ 연필심에 가해지는 하중 분석

■ 최대하중 발생 부분

■ 연필심의 허용하중

연필심 낭비량

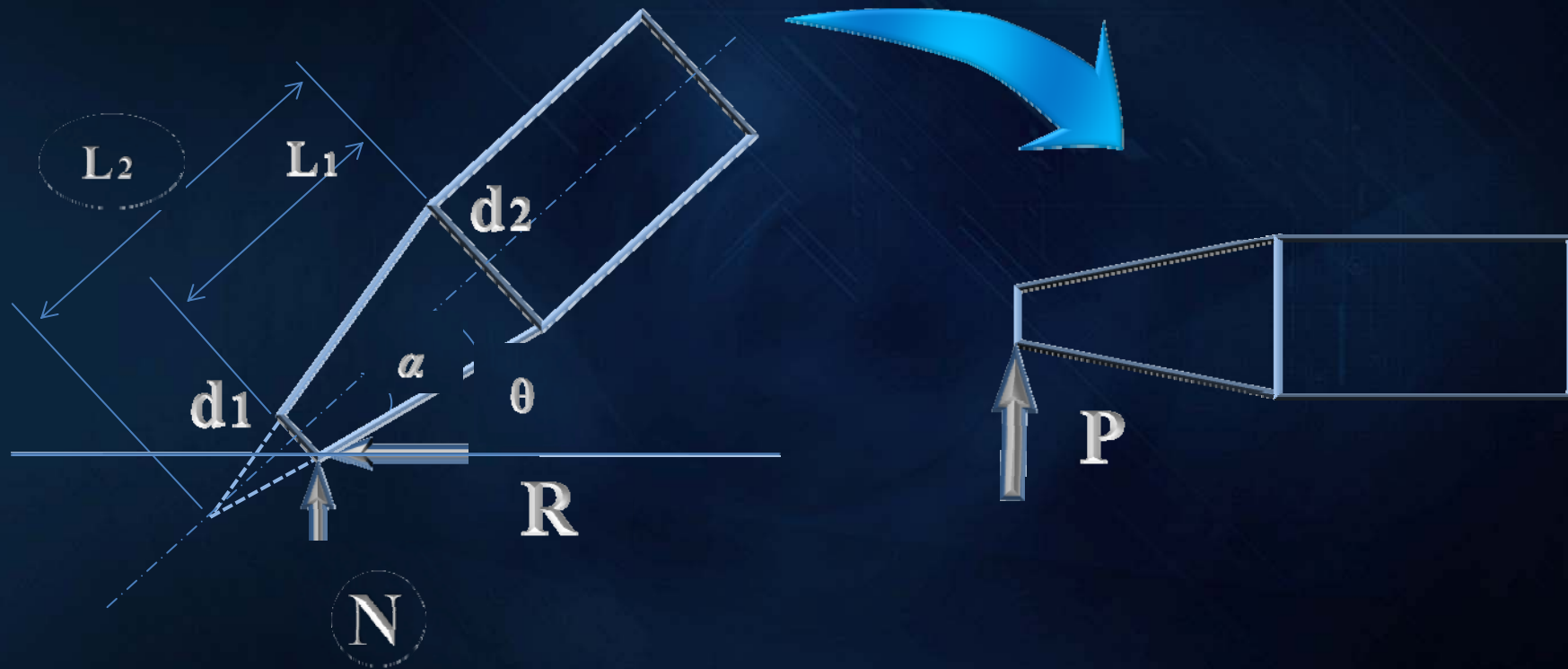


■ 연필심의 낭비되는 양의 분석

■ 주요 가정

2

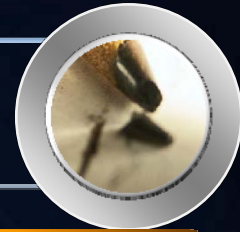
연필에 가해지는 하중 분석



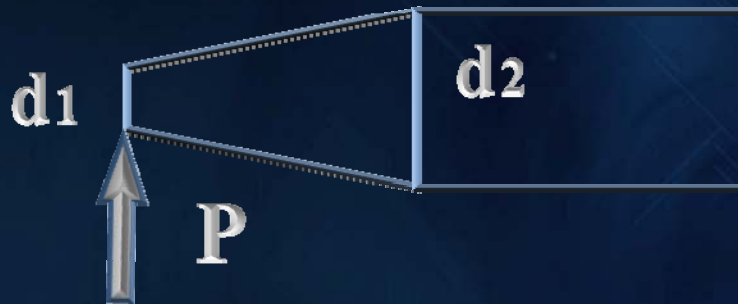
참고문헌 : Henry Petroski, *Pencil*

2

최대 하중 발생 부분 & 연필심의 허용응력



최대 하중



$$\sigma_m = \frac{|M|}{s} = \frac{32Px}{\pi d^3} \quad \left(s = \frac{I}{c}, I = \frac{\pi c^4}{4} \right)$$

$$\sigma_m = \frac{32P}{\pi d^3} \frac{d - d_1}{d_2 - d_1}, \quad x = \frac{d - d_1}{d_2 - d_1} l$$

$$\frac{d\sigma_m}{dd} = k \frac{d^2(3d_1 - 2d)}{d^6} = 0 \quad \therefore d = 1.5d_1$$

허용 응력

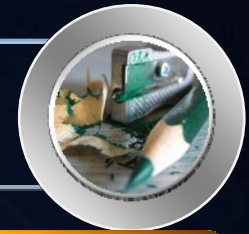
$$\sigma_a = 111 \text{ MPa}$$

- * 단순 지지보로 측정
- 분포하중 실험(책 이용)
- 집중하중 실험(비닐봉지 이용)

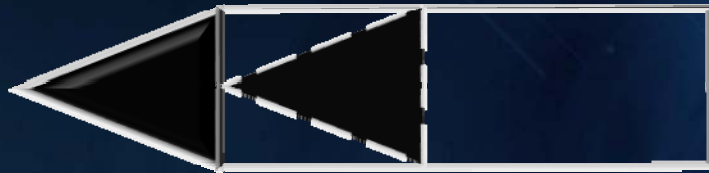
Faber-Castell, Staedtler 의
HB연필심 이용

$$P = 10 \text{ N}$$

종이의 마찰계수와 연필과 종이
와의 각도 θ 는 가해지는 힘의
오차에 속한다.



낭비되는 연필심



뾰족하게 깎으면 언제나 2/3이 낭비



남은부피 $\geq k \times$ 전체부피, $k = 0.5$

$$\frac{1}{3} \left(\frac{\pi d_2^2}{4} L_2 - \frac{\pi d_1^2}{4} (L_2 - L_1) \right) \geq k \frac{\pi d_2^2}{4} L_1$$

$$d_2^2 L_2 - d_1^2 (L_2 - L_1) \geq 3k d_2^2 L_1$$

주요 가정

* 연필심과 나무의 경계는 균일하다

-나무와 연필심의 경계에서 부러짐을 무시

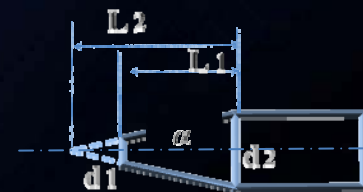
• 연필과 나무와의 접촉력은 무시한다.

-나무 안에서 연필이 미리 부러짐을 무시

* 연필심에의 흠집은 무시한다.

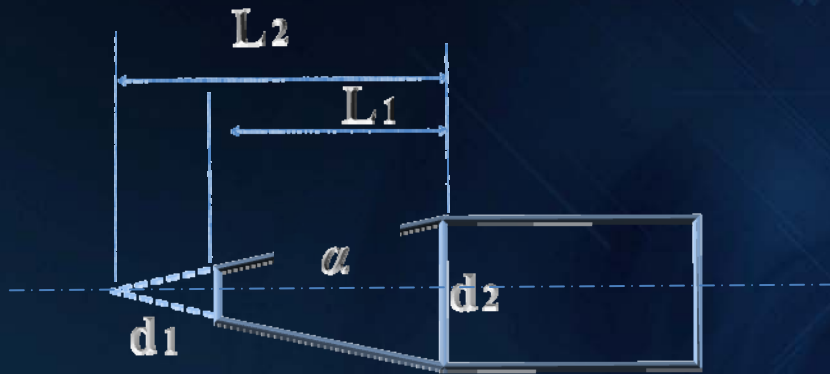
3

Identification of Design Variables



3

Identification of Design Variables



$$L_1 = \frac{d_2 - d_1}{2 \tan \alpha}$$

$$L_2 = \frac{d_2}{2 \tan \alpha}$$

?

설계 변수

 d_1 d_2

!

종속 변수

 L_1 L_2

!

고정 변수

 α

15°

4

Identification of a Criterion to Be Optimized

목적은 연필을 팔았을 때 최대 수익

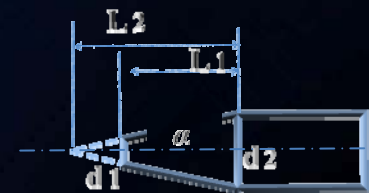
$$f = - \left(1000 - c \frac{\pi d_2^2}{4} L_t \right) \quad L_t = 150, c = 1.2$$

5

Identification of Constraints

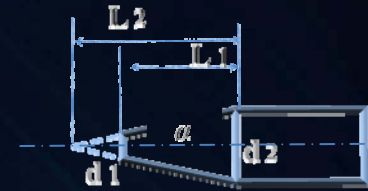
부러지지 않을 조건

$$\varepsilon_1 = \frac{32P \left(\frac{0.5d_1}{2 \tan \alpha} \right)}{\pi(1.5d_1)^3} - \sigma_a = \frac{28.16}{d_1^2} - \sigma_a \leq 0$$



5

Identification of Constraints



연필심이 1/2이상 낭비되지 않을 조건

$$g_2 = (3k - 1)d_2^2 - d_1d_2 - d_1^2 \leq 0$$

$$d_2^2 L_2 - d_1^2 (L_2 - L_1) \geq 3kd_2^2 L_1$$

: 위 식의 \$L_1\$과 \$L_2\$을 \$d_1\$과 \$d_2\$의 수식으로
대입하여 정리

필기감을 위한 조건

$$g_4 = d_2 - 15 \leq 0$$

$$g_5 = 3 - L_1 \leq 0$$

$$g_6 = L_1 - 15 \leq 0$$

나무와 연필심의 경계에서
최대하중이 걸리면 안 되는 조건

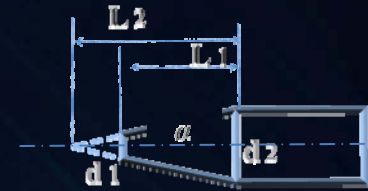
$$g_3 = 1.5d_1 - d_2 \leq 0$$

변수들은 음수가 될 수 없는 조건

$$g_7 = -d_1 \leq 0$$

6

엑셀과 MATLAB으로 최적값 찾기



데이터 및 정보

L_t	150 mm		
P	10 N	k	0.5
sig_a	111 N/mm ²	c_-	1.2 원/mm ³

설계 변수

d_1	0.928203257 mm
d_2	2.535898411 mm

종속 변수

L_2	4.73205 mm
L_1	3 mm

고정 변수

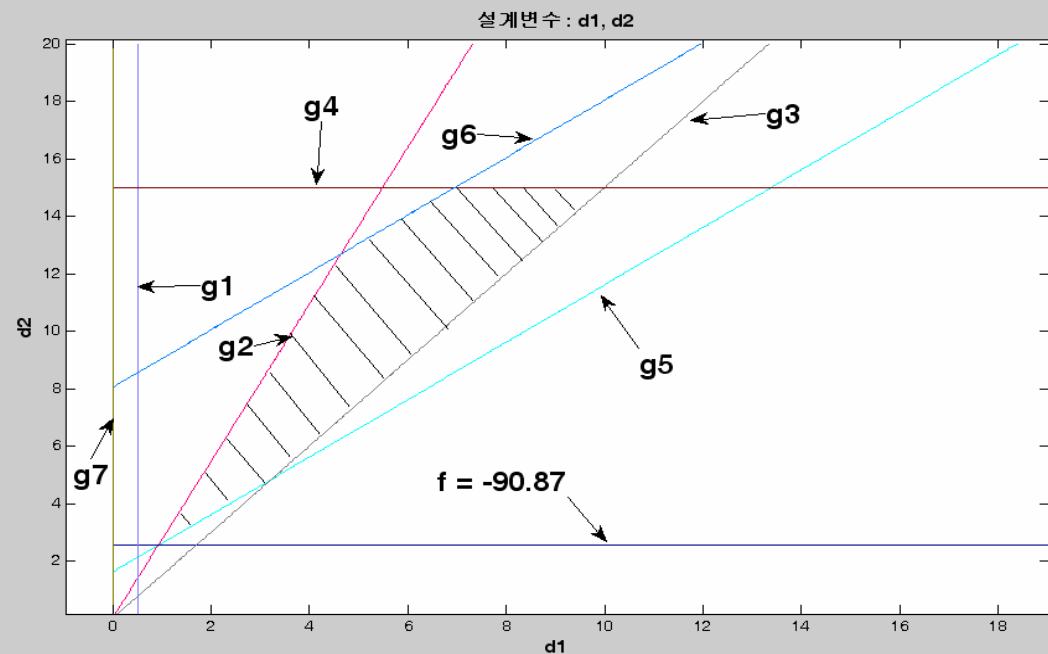
Alpha	0.261799 rad
-------	--------------

목적 함수

f	-90.86978952 원
-----	----------------

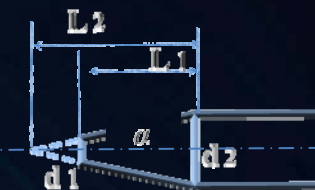
제약 조건

g_1	-78.31656388	하중조건
g_2	-1.1764E-07	심 낭비조건
g_3	-1.143593526	D2 크기조건
g_4	-12.46410159	D2 상한
g_5	0	L1 하한
g_6	-12	L2 상한
g_7	-0.928203257	변수부호





다른 설계변수 일 때의 결과값 비교



데이터 및 정보

L_t	150mm	k	0.5
P	10N	c_	1.2 원/mm^3
sig_a	100N/mm^2		

설계 변수		종속 변수		고정 변수	
L_1	3mm	d_1	0.928203mm	Alpha	0.261799rad
L_2	4.732051mm	d_2	2.535898mm		

목적 함수

f -90.8698 원

제약 조건

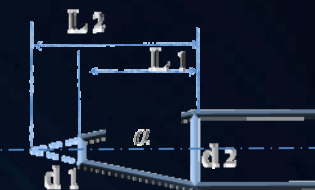
g_1	-67.3166	하중조건
g_2	2.48E-07	심 낭비조건
g_3	-1.14359	D2 크기조건
g_4	-12.4641	D2 상한
g_5	0	L1하한
g_6	-12	L2상한
g_7	-2.5359	변수부호

약 90원의 수익

결과값이 같다.
이는 고정변수가 같기 때문이다

7

다른 설계변수 일 때의 결과값 비교



데이터 및 정보			
L_t	150 mm	k	0.5
P	10 N	c_	1.2 원/mm ³
sig_a	111 N/mm ²		

	설계 변수		종속 변수		고정 변수
alpha	0.08372245 rad	L_1	3 mm	d_1	0.9 mm
d_2	1.40351172 mm	L_2	8.362338 mm		

목적 함수	
f	-721.5197 원

제약 조건	
g_1	7.3159E-07 하중조건
g_2	-0.5479406 심 낭비조건
g_3	-0.0535117 D2 크기조건
g_4	-13.596488 D2 상한
g_5	2.5993E-10 L1 하한
g_6	-12 L2 상한
g_7	-1.4870739 변수부호

약 700원의 수익

고정변수였던 α 값의 변화에 의한 목적함수 변화
 α 의 중요성