# 최적설계 프로젝트2
# -엔진의 출력향상-

OPPA(OPtimization with Powerful Ability)조
2003007505 유진길
2004008244 원혜준

# 목차

- 개요
- 설계문제 정식화
- 최적화 해법
- 최적해를 통한 설계 제안
- 결론 및 고찰

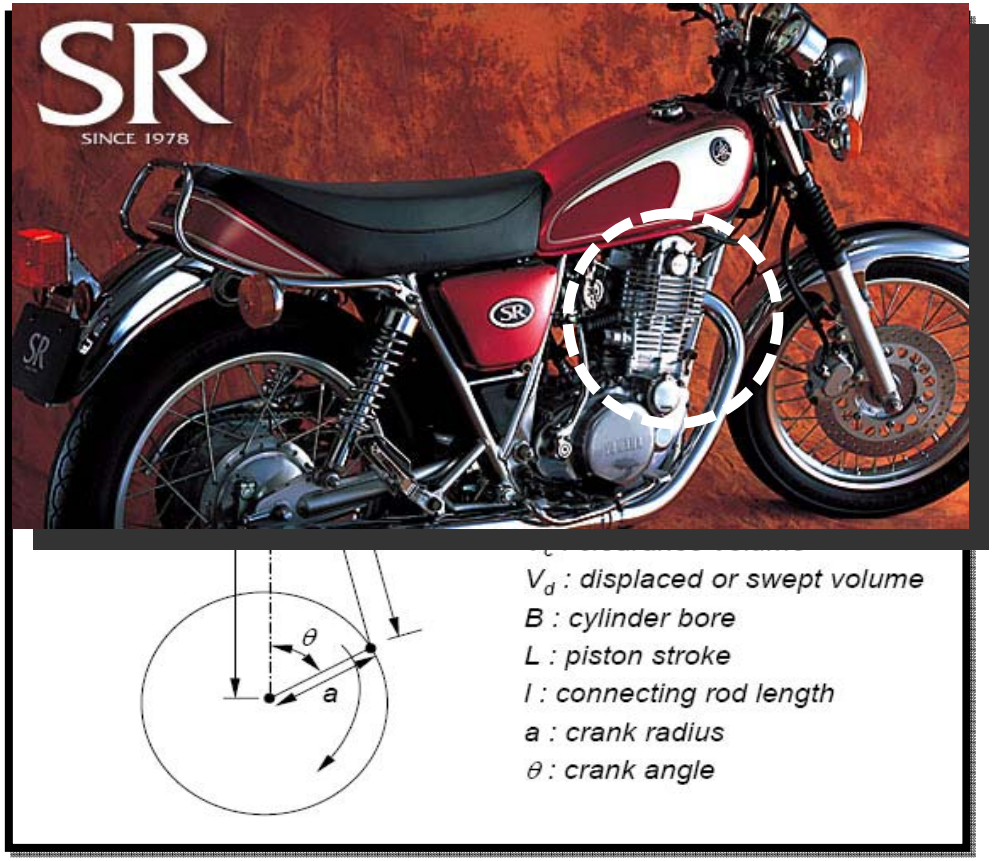
# 개요

엔진 튜닝과정 중 출력을 높이기 위해 보어 업, 스트로크 업이 성행

실제 튜닝할 때에는 경험에 의존

최적설계 기법을 토대로 최대 출력을 얻기 위한
보어와 스트로크의 수치를 얻음

# 설계문제 정식화

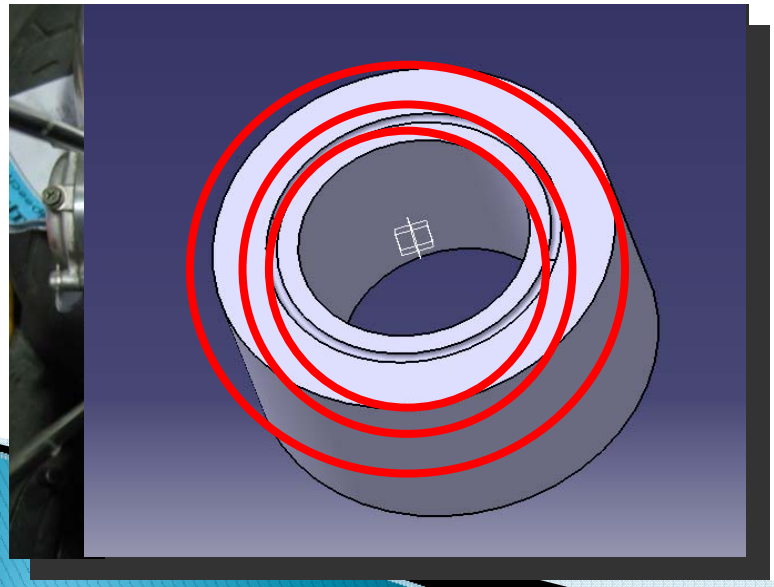



| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 엔진모델 | SR400 |
| 압축비 | 8.5:1 |
| 보어 | 87mm |
| 스트로크 | 67.2mm |
| 행정체적 | 단기통 399cc |
| 라이너재료 | ASTM A47 |
| 실린더블록 | Alloy 6061 |

# 설계문제 정식화

가정

- 피스톤헤드는 원통형
- 실린더와 라이너는 동심원
- 피스톤이 벽에 작용하는 수직력은 무시
- 회전수는 3600 RPM/WOT로 일정
- 엔진행정체적의 증대에 관계된 기관의 영향 무시
  (흡기관, 배기관, 인젝터, 점화플러그, 캠축, 밸브타이밍 등)
- 제동평균 유효압력은 일정



# 설계문제 정식화

**설계변수**

- 보어직경(B), 스트로크 길이(S)

**목적함수**

- 배기량 $V = \frac{\pi}{4} B^2 S$

**구속조건**

- 보어직경
- 스트로크 길이
- 피로파손
- 응력조건 (2)
- 숏스트로크 조건
- 열전도 한계

# 설계문제 정식화

1) $87 \le B \le 100.4(mm)$ (lining at least 2mm)

2) $67 \le S \le 87(mm)$ (stroke 400cc, 500cc)

3) $\frac{P_{\max} r}{t} \le \sigma_{all}$ (pressure from combustion)

$$\sigma_t = \frac{\Pr}{t}$$

4) $\sigma_p \le \sigma_{all}$ (force by piston skirt)

$$BP_{\max}\, t \le \sigma_{all}$$

구속조건

5) $r_i \le \frac{\frac{\pi}{4} B^2}{V_0} \le r_a$ (compression ratio)

6) $\frac{S}{B} \ge 1$ (short stroke)

- 라이너의 최소 필요조건
- 스트로크 최대한계
- 엔진폭발 시 내압을 견뎌야 함
- 피스톤 스커트가 라이너에 주는 응력
- 고출력을 위한 Short Stroke
- 스틱킹 현상 방지를 위한 압축비 제어
- 라이너의 피로강도

$$S_e = C_{load} C_{size} C_{surf} C_{reliab} C_{temp} S_e'$$

- 재료의 열전달량
  - 온도분포는 선형
  - 냉각용량은 냉각핀의 효율을 높이면 됨
  - 재료의 온도 구배를 이용한 구속조건

7) $S_e = C_{load} C_{size} C_{surf} C_{temp} C_{reliab} S_{e'}$ (fatigue endurance limit)

$S_{ut} = 345Mpa$

$S_e' = 0.4 S_{ut} = 138Mpa$

$C_{load} = 1$ (bending)

$C_{size} = 1.189(1) = 1.189$ (equivalent area)

$C_{surf} = A(S_{ut})^b = 1.58 \cdot (345)^{-0.085} = 0.961485$ (grind)

$C_{temp} = 1 - 0.0058(T - 450) = 0.13$ $(T_{av} = 600^{\circ}C)$

$C_{reliab} = 0.659$ (reliability 99.999%)

8) $\frac{T_o - T_i}{\frac{\ln \frac{R_c - B}{B}}{k_1 2\pi S} + \frac{\ln \frac{R_o}{R_c}}{k_2 2\pi S}} \le \dot{Q}_{all}$ (temperature gradient)

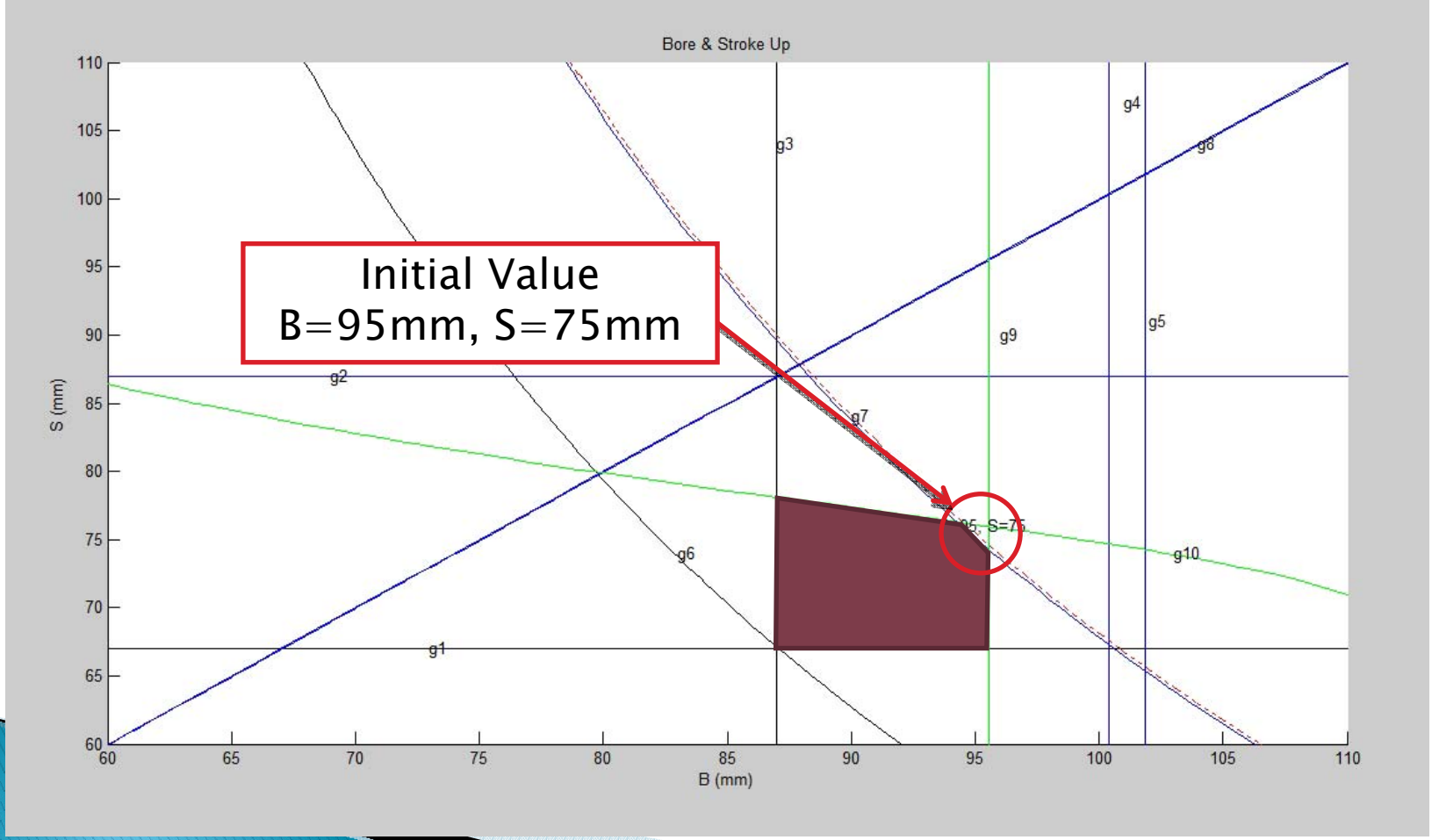
# 설계문제 정식화

- Find Design Variables: B, S
- To Minimize $f(x) = \frac{\pi}{4} B^2 S$
- Subject to

$$
\begin{cases}
g1 = -B + 87 \le 0 \\
g2 = B - 100.4 \le 0 \\
g3 = -S + 67 \le 0 \\
g4 = S - 87 \le 0 \\
g5 = B - 101.87 \le 0 \\
g6 = B - 18875.52 \le 0 \\
g7 = B^2 S - 678.12E3 \le 0 \\
g8 = -B^2 S - 508.6E3 \le 0 \\
g9 = 13.52\left(\sqrt{\dfrac{0.95 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left(104.4^2 - \left(52.2 + \frac{B}{2}\right)^2\right)}{0.0766}}\right)^{-0.097} - 9.7E6 \le 0 \\
g10 = \dfrac{575}{\dfrac{\ln\frac{114.4 - B}{B}}{0.4\pi S} + \dfrac{\ln 1.188}{0.3\pi S}} - 210000 \le 0
\end{cases}
$$

# 최적화 해법

- MATLAB을 이용한 도식해



# 최적화 해법

- MATLAB_fmincon

```
options = optimset;
options = optimset(options,'Display' ,'iter');
options = optimset(options,'PlotFcns' ,{  @optimplotx @optimplotfval @optimplotconstrviolation @optimplotfirstorderopt });
options = optimset(options,'Algorithm' ,'active-set');
options = optimset(options,'GradConstr' ,'off');
options = optimset(options,'GradObj' ,'on');
[x,fval,exitflag,output] = fmincon(@vol,x0,[],[],[],[],[],[],@encon,options);
```

```
Number of variables: 2                                  Iteration

Magnitude of directional derivative less
tolerance and constraint violation less th

    3      15 -5.32595e+008      0.09126          1    -4.33e+005
    4      19 -5.32594e+008    4.307e-009         1          71.7
    5      23 -5.32594e+008    1.164e-010         1     3.38e-006
Optimization terminated: first-order optimality measure less than opt
 and maximum constraint violation is less than options.TolCon.
Active inequalities (to within options.TolCon = 1e-006):
  lower      upper      ineqlin    ineqnonlin
                                        1
                                        5
```

| 내 용 | 초기값 | 최적해 |
|---|---|---|
| Volume (cc) | 445.32 | 532.59 |
| Bore (mm) | 90 | 94.29 |
| Stroke (mm) | 70 | 76.27 |
| Iteration | 5 | |

# 최적화 해법

- MATLAB_Genetic Algorithm

```
options = gaoptimset;
options = gaoptimset(options,'SelectionFcn' ,@selectionroulette);
options = gaoptimset(options,'HybridFcn' ,{  @fmincon [] });
options = gaoptimset(options,'Display' ,'iter');
options = gaoptimset(options,'PlotFcns' ,{  @gaplotbestf @gaplotbestindiv @gaplotdistance @gaplotmaxconstr });
[x,fval,exitflag,output] = ga(@vol,2,[],[],[],[],[],[],@encon,options);
```

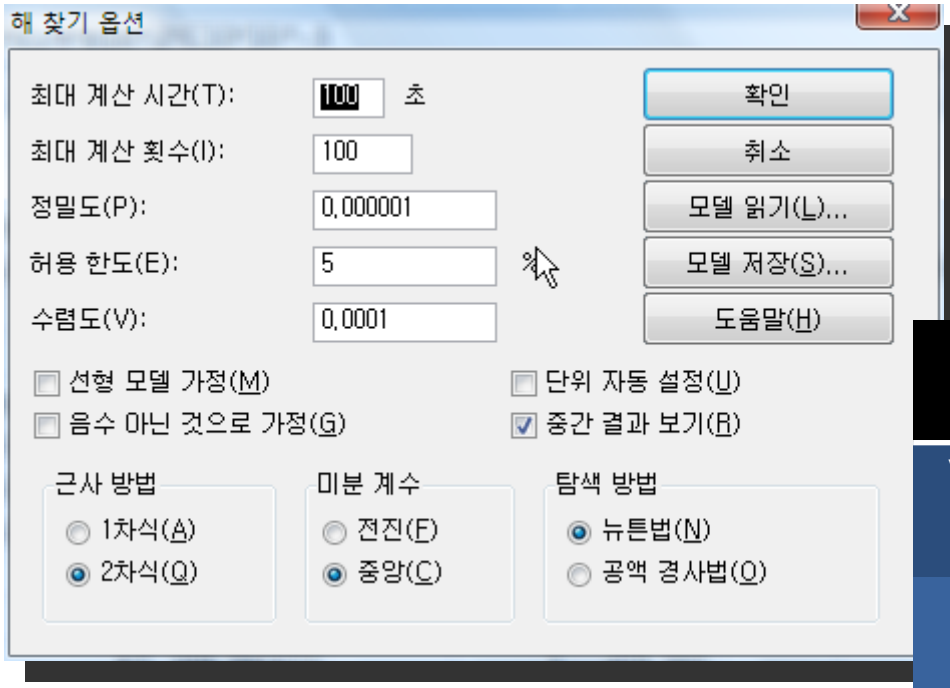
```
                                  Best          max        Stall
Generation    f-count             f(x)       constraint  Generations
```

```
                                  Best          max        Stall
Generation    f-count             f(x)       constraint  Generations
    1          1152            -154.648     5.08e+005      0
Optimization terminated: no feasible point found.
Switching to the hybrid optimization algorithm (FMINCON).
    7          7376    -5.32594e+008             0          4
    8          8416    -5.32594e+008             0          5
Optimization terminated: norm of the step is less than  2.2204e-016
 and constraints violation is less than options.TolCon.
```

| 내 용 | 최적해 |
|---|---|
| Volume (cc) | 544.006 |
| Bore (mm) | 95.27 |
| Stroke (mm) | 76.38 |
| Iteration | 8 |

# 최적화 해법

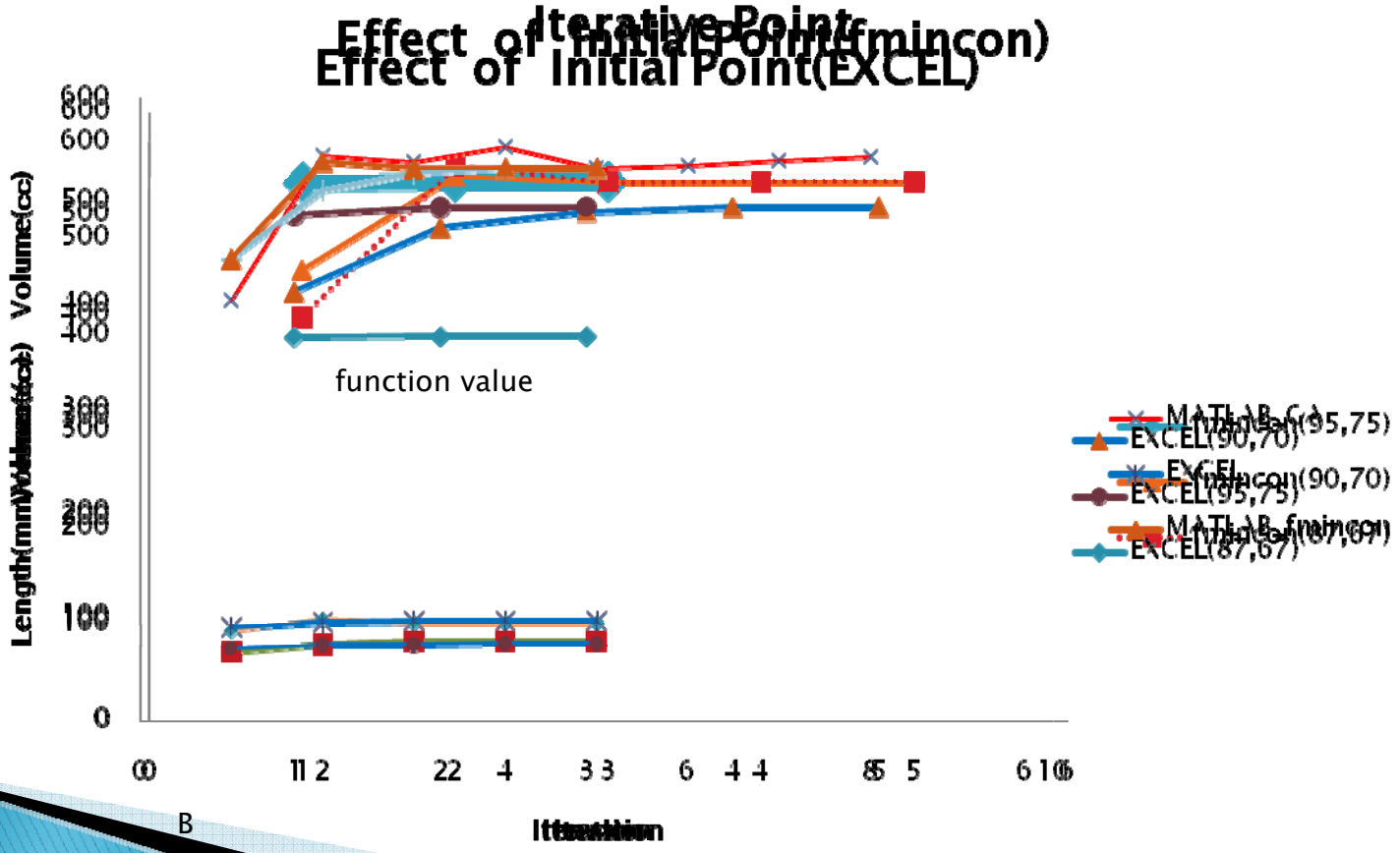
- Excel Solver




| 내 용 | 초기값 | 최적해 |
|---|---|---|
| Volume (cc) | 445.32 | 532.6 |
| Bore (mm) | 90 | 95.56 |
| Stroke (mm) | 70 | 74.27 |
| Iteration | 5 | |

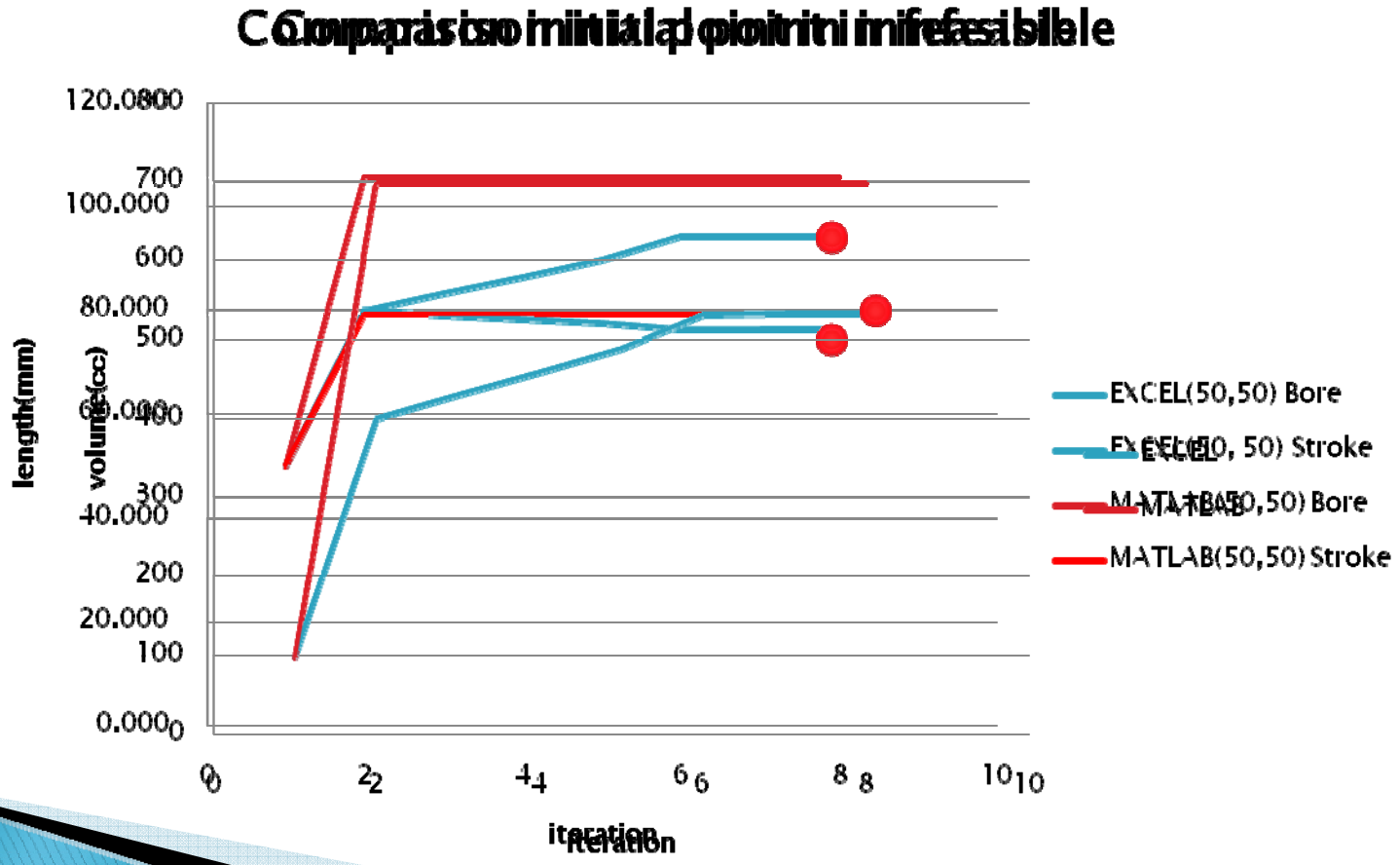
# 최적화 해법

- 해법값 변화


Effect of Initial Point(fmincon)
Effect of Initial Point(EXCEL)
function value
EXCEL(90,70)
EXCEL(95,75)
EXCEL(87,67)

# 최적화 해법

- 비활성 영역의 초기값(50, 50)



# 최적화를 통한 설계 제안

| 구 분 | 초기값 | fmincon | GA | Excel | 평균최적해 |
|---|---|---|---|---|---|
| Bore(mm) | 87 | | | | 95.04 |
| Stroke(mm) | 67.2 | | | | 75.64 |
| Volume(cc) | 399 | | | | 536.4 |

Bore: 9.24% 증가
Stroke: 12.56% 증가
Volume: 34.37% 증가

| 구 분 | 초기값 | 기존설계 | 최적설계 |
|---|---|---|---|
| Bore(mm) | 87 | | 95.27 |
| Stroke(mm) | 67.2 | | 75.64 |
| Volume(cc) | 399 | 496.6 | 536.4 |

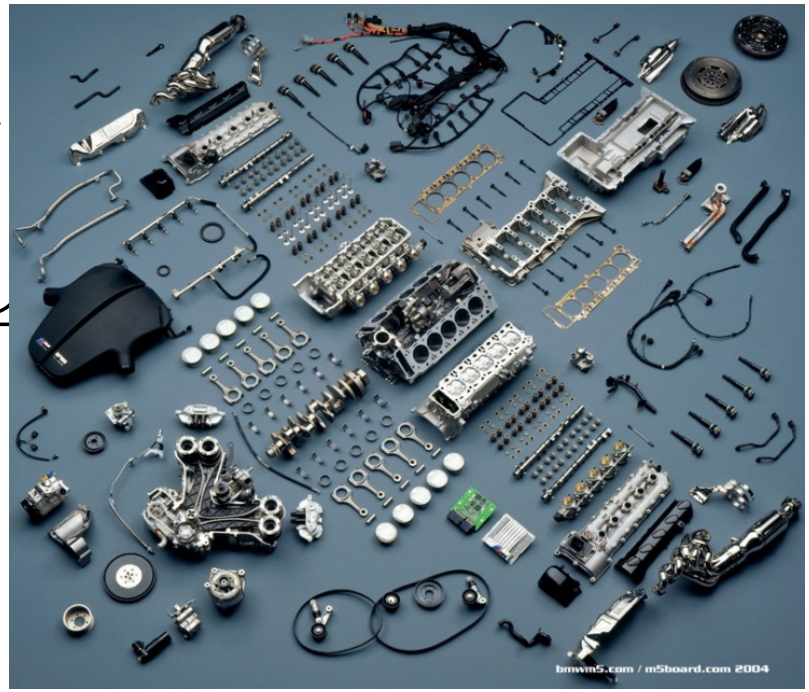
기존설계 대비
Volume: 9.54% 증가

# 최적화를 통한 설계 제안

- 경험적 수치 의존한 보어, 스트로크 업과 비교하여 검증된 수치를 통한 안정성 있는 엔진 개조 가능

- 수명을 고려한 최적화를
  기존 경험제작과 비교하

- 엔진 개조 시 관계된 다수



# 결론 및 고찰

- 설계 문제 정식화 기법을 통한 공학문제 접근
- 여러 가지 알고리즘을 통한 문제해결 및 비교
- 초기 해의 중요성
- 구속조건을 통한 모델의 이상화
- 가능한 다수의 물리법칙을 적용 한 해석 모델 필요

Adobe Acrobat Document

# 참고문헌


- 엔진은 이렇게 되어 있다
  - 1999, 현대자동차 가솔린 엔진 설계 1팀
- 내연기관공학 가솔린 엔진편
  - 2005, 화연사, 조진호
- SR Maintenance & Custom File
  - 2002, STUDIO TAC CREATIVE
- SR MASTER BOOK
  - 2002, STUDIO TAC CREATIVE
- 연소기관 2008학년도 강의자료, 전문수
- 자동차 부품 튜닝
  - 2005, 경영사, 최상수Mechanics of Materials
  - 2000, Wiley, Craig
- 열전달
  - 2006, Mc Graw Hill, Yunnus A. Cengel
- http://kr.blog.yahoo.com/soosookang/87
- Machine Design
  - 2006, Prentice Hall, Norton

# 감사합니다