

**KITECH**  
한국생산기술연구원


www.kitech.re.kr

# 자동차 auto transmission 부품 성형을 위한 Fine Blanking 금형 기술

김종덕, 강정진  
[한국생산기술연구원, 정밀금형팀]

김병준  
[대성파인텍]

Nov. 30. 2004



**KITECH** 목 차  
한국생산기술연구원

www.kitech.re.kr

- ◆ 기술개발 필요성 및 목표
- ◆ FB 개요
  - 정의 및 필요 요소
  - 일반 blanking과 FB 비교
  - FB process 및 난이도
  - FB 제품 분석, 공차, 검사
- ◆ FB 금형 설계 및 제작
  - 재료 시험 및 제품도 작성
  - Strip layout 및 프레스 선정
  - 펀치와 다이의 clearance 및 치수 결정
  - Vee-ring 설계
  - Simulation에 의한 설계 검증
  - FB 금형 제작 및 시험 성형
- ◆ 결론

2



◆ **정의**

- 1회의 공정으로 깨끗한 전단면과 양호한 정밀도를 얻는 프레스 공정
  - 2차 기계 가공 불필요
  - 정밀도가 높고 전단면의 품질이 양호한 후판 제품

◆ **필요 요소**

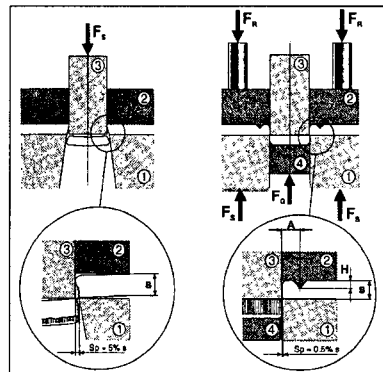
- **FB 금형**
  - 구조 복잡, 고정밀도
- **FB 프레스**
  - 대용량의 다단식 고정밀도 운동 가능
- **FB 재료**
  - 연성이 크고 강도가 적절
- **FB Oil**
  - 재료의 원활한 소성 유동
- **FB 제품의 요구 품질**

◆ **일반 blanking**

- 단동 프레스 이용
- clearance가 재료 두께의 5-10%
- 미소한 벤딩 작용으로 힘 발생
- 절단면
  - 두께의 1/3 정도 전단
  - 두께의 2/3 정도 파단

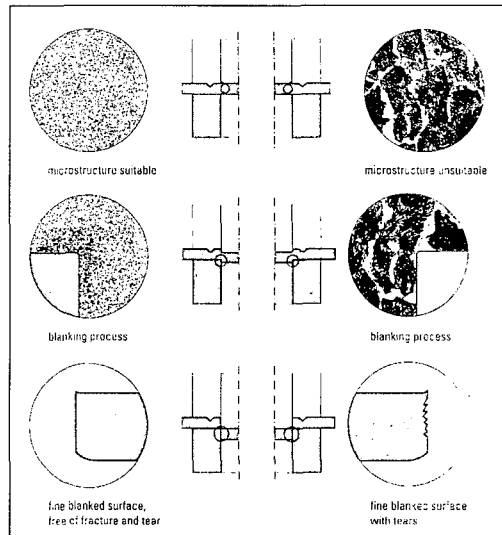
◆ **Fine blanking**

- 3동 프레스 이용
- clearance가 재료 두께의 0.5%
- 평면도 양호
- 절단면
  - 100%까지 전단

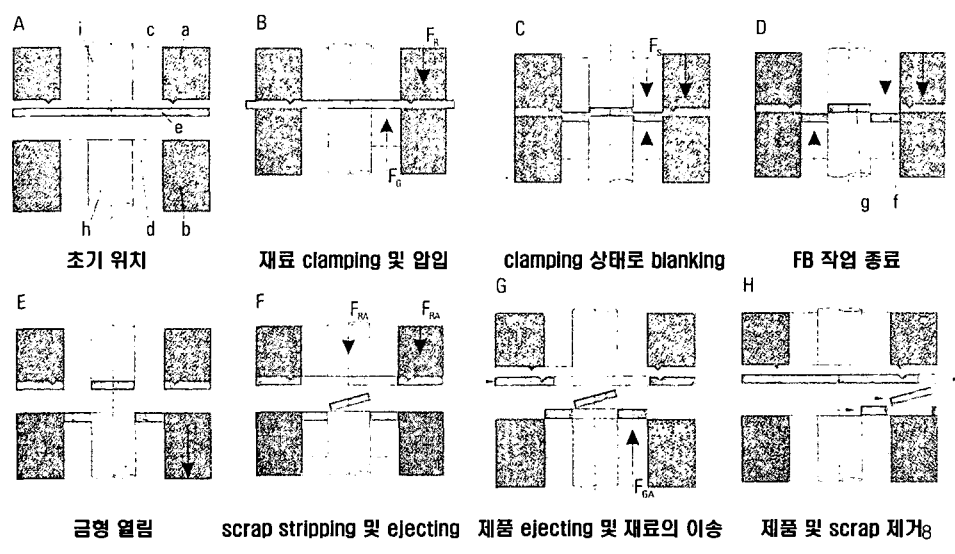


◆ 요구 특성

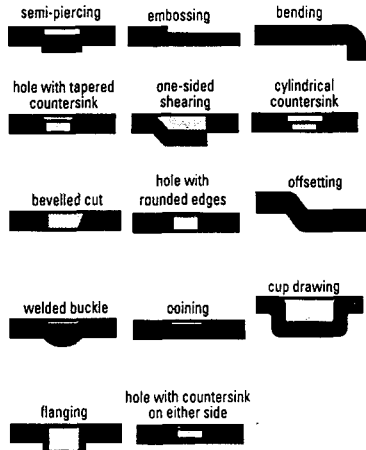
- ▶ 미세 구상화 시멘타이트 조직
  - 원활한 소성 유동
  - 양호한 전단면
- ▶ 총상의 퍼얼라이트 조직
  - 금형 마모 및 파손 위험
  - 파단면 발생 가능
- ▶ 양호한 FB 재료
  - 연성 및 가단성 양호
  - 인장강도와 경도 낮음
  - 탄성한계 낮음
  - 연신을 및 단면 수축을 높임



◆ FB 전단 공정

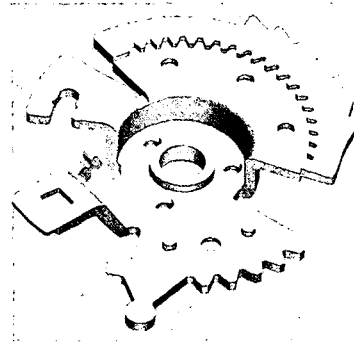


◆ FB 복합 성형 공정



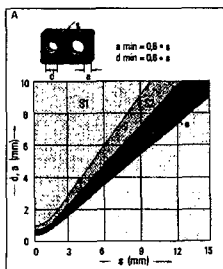
◆ FB 복합 성형 사례

- semi-piercing, drawing, coining, bending, counter sinking, flanging

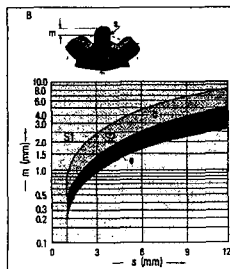


◆ 난이도 결정

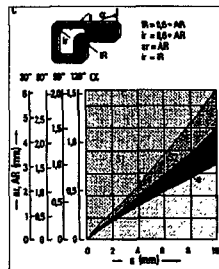
- 재료 전단력이 펀치 재료의 압축력을 초과하지 않도록 구성
  - 펀치 파손 방지
- Hole의 경우 직경이 약 두께의 60% 이하



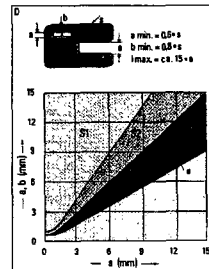
Hole의 난이도



Gear의 난이도

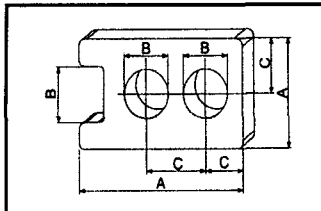


Corner 반경의 난이도



Slot의 난이도

◆ **FB 제품 공차**  
 > 기계 가공 :  
 IT 6급-11급

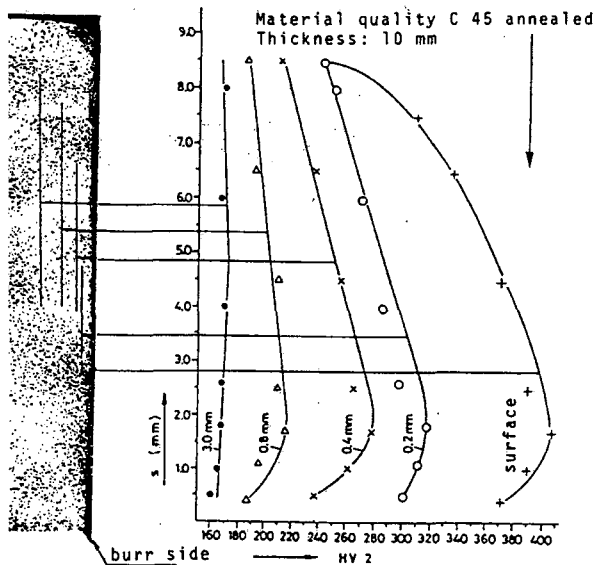


재료의 두께 (mm)	인장강도 600N/mm <sup>2</sup> 까지		
	내측 형상 J IT 공차 등급	외측 형상 A IT 공차 등급	구멍 간격 X IT 공차 등급
0.5 - 1.0	6 - 7	7	7
1.0 - 2.0	7	7	7
2.0 - 3.0	7	7	7
3.0 - 4.0	7	8	7
4.0 - 5.0	7 - 8	8	8
5.0 - 6.3	8	9	8
6.3 - 8.0	8 - 9	9	8
8.0 - 10.0	9 - 10	10	8
10.0 - 12.5	9 - 10	10	9
12.5 - 16.0	10 - 11	10	9

IT 등급 호칭치수(mm)	공 차 (μm)					
	6	7	8	9	10	11
1 - 3	6	10	14	25	40	60
3 - 6	8	12	18	30	48	75
6 - 10	9	15	22	36	58	90
10 - 14	11	18	27	43	70	110
14 - 18						
18 - 24						
24 - 30	13	21	33	52	84	130
30 - 40						
40 - 50	18	25	39	62	100	160
50 - 65						
65 - 80	19	30	46	74	120	190
80 - 100						
100 - 120	22	35	54	87	140	220
120 - 150						
150 - 180	25	40	63	100	160	250
180 - 215						
215 - 250	29	46	72	115	185	290

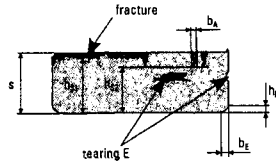
- ◆ **표면 가공 경화**
  - > C45 재료
    - 약 2배
- ◆ **Burr 및 Side Roll**
  - > Burr 제거
    - 연삭 및 바렐링
- ◆ **평면도**
  - > 0.1 / (100x100)

<C45 재료의 가공경화>



◆ 전단면

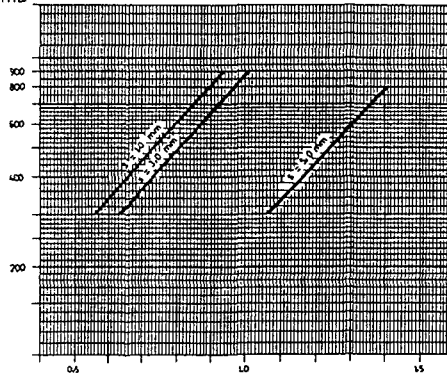
> 비율



achievable smooth cut ratio					
$h_e/s$ in %	100	100	90	75	50
$b_e/b_a$ in %		90	75		

> 표면 조도

T: N/mm<sup>2</sup>



> 표시 방법

$$R_a = \sqrt{\frac{h_e}{k_e} \cdot k}$$

Ra: um 13

◆ 재료의 기계적 성질 (JIS : SAPH440)

시료 (No)	항복강도 (Kg/mm <sup>2</sup> )	인장강도 (Kg/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)
1	30.7	54.0	30.1
2	30.6	54.2	30.4
평균	30.65	54.1	30.25

◆ 재료의 화학적 성질 (JIS : SAPH440)

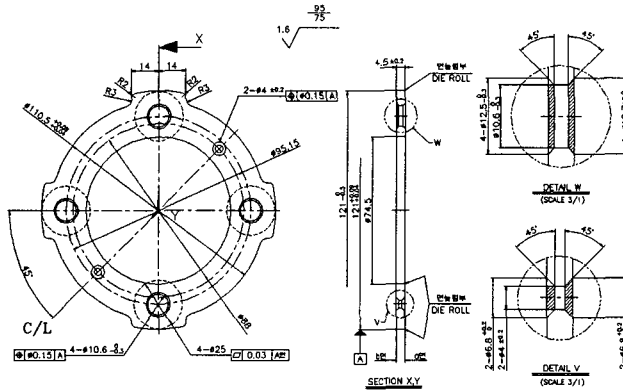
시료	P	S
규격	0.040 이하	0.040 이하
1	0.009	0.013
2	0.013	0.013
평균	0.010	0.013

14



◆ FB 가공에 적합하도록 설계

- FB 가공으로 불가능한 corner edge 제거
- 기능상 문제가 되지 않는 범위 내에서 최소 곡률 반경 설정
- Forging 성형 및 tight한 형상 공차 유지로 고난도

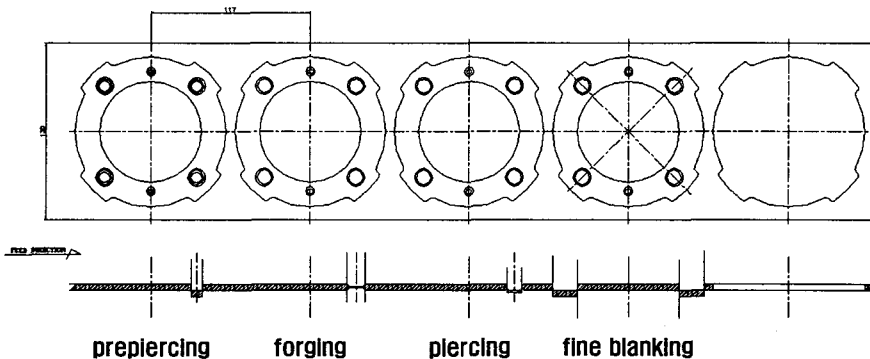


Carrier plate 제품도



◆ 소재 이용률 극대화

- 4 step progressive
- 폭 130mm
- pitch 117mm





◆ **힘의 계산**

➢ **힘의 계산**

- Share force,  $F_s = F_1 \times L_s \times s \times R_m$
- Vee-ring force,  $F_r = F_2 \times L_r \times h \times R_m$
- Counter force  $F_g = A_s \times qG$  [일반적으로  $F_s$ 의 10~25%]
- Forging force =  $F_s \times f_3$

분류	force
shear force	186.8 Ton
Vee-ring force	79.6 ton
counter force	31.5 ton
forging force	200.0 ton
Total force	325.4ton

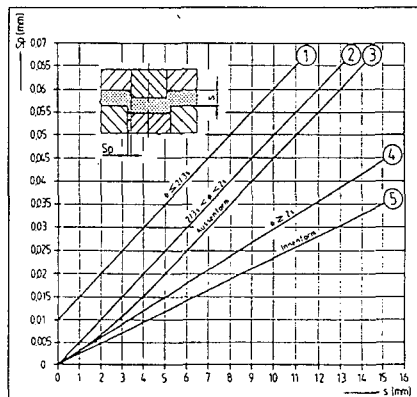
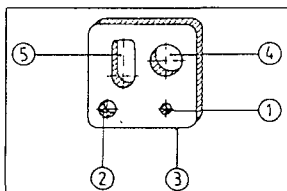
➢ **FB press 선정**

- 650 ton 유압식 프레스 사용

◆ **Carrier plate**

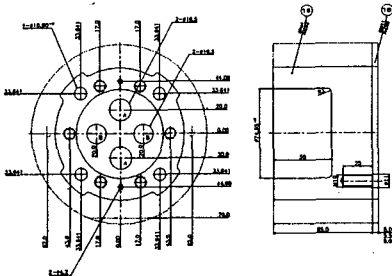
- 금형 수명을 고려하여 일반 적인 경우 보다 크게 설계

- 내측형상 : 0.015 mm
- 외측형상 : 0.02 mm
- Hole(Ø4) : 0.01 mm

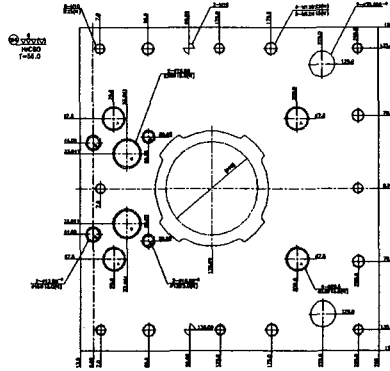


◆ 제품 외형 치수, die size와의 관계

- die 치수 = 제품 최소 치수보다 공차의 25% 크게 설정
- Punch 치수 = 제품 최대 치수보다 공차의 25% 적게 설정



carrier plate의 main punch 설계도

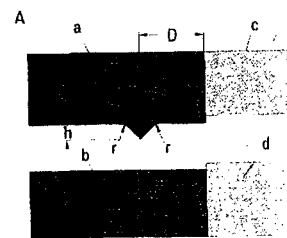


carrier plate의 die plate 설계도

◆ Vee-ring 설계

- 재료가 두껍지 않으므로 guide plate에 설치
- 일반적으로 외측 형상에서 2.8mm off-set
- 재료가 이동할 수 있는 공간이 없으므로 작게 설계

guide plate에 설치			
재료 두께	D	h	r
1.0-1.7	1.0	0.3	0.2
1.8-2.2	1.4	0.4	0.2
2.3-2.7	1.7	0.5	0.2
2.8-3.2	2.1	0.6	0.2
3.3-3.7	2.5	0.7	0.2
3.8-4.5	2.8	0.8	0.2

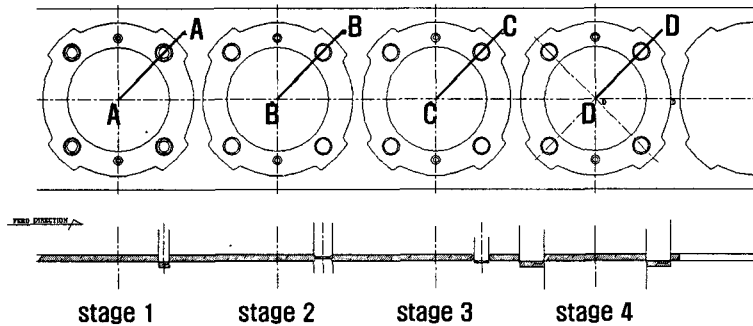




◆ Carrier plate의 성형 해석

➢ 4 stage FB progressive

- stage 1 : forging 성형을 위한 pre piercing
- stage 2 : forging 성형(counter sink)
- stage 3 : 내측 hole piercing 성형
- stage 4 : 내측 및 외측 형상 FB



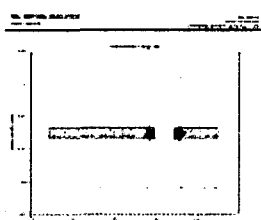
21



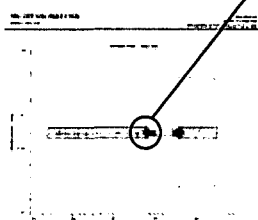
◆ stage 1 : forging 성형을 위한 pre piercing

◆ Stage 2 : forging 성형(B-B)

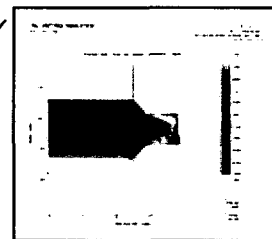
- node 수: 253, element : 좌측 203 개, 우측 219개
- 좌측에서의 성형이 더 적합
- bulging 현상 : 평면도 유지를 위하여 차기 stage에서 flattening 공정



Forging 초기 형상



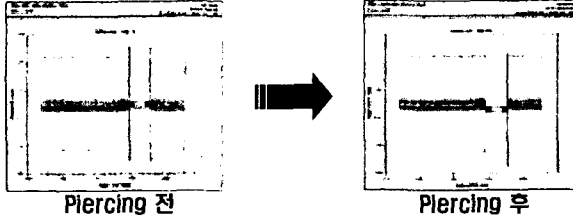
Forging 성형 완료 형상



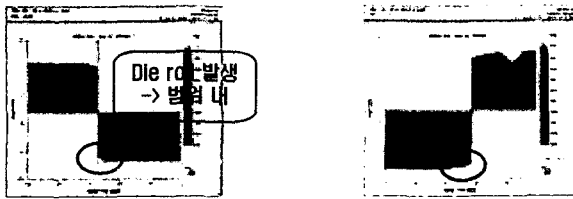
22

◆ stage 3 : 내측 hole piercing 성형(C-C 단면)

➢ hole을 성형할 때 forging 부위의 변형 고려



◆ stage 4 : 내측 및 외측 형상 FB(D-D 단면)



- node : 5,313개
- element : 5,301개
- 전단면 : 95%이상 충족
- die roll size 허용 가능

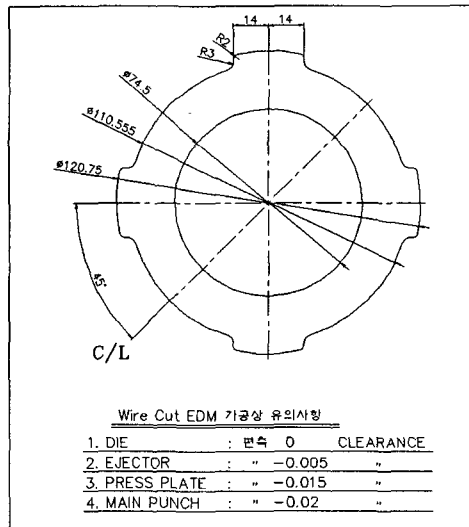
◆ 금형 핵심 요소 wire cure 가공

➢ Die, Punch, Ejector, Guide plate의 치수 중요

- Slide fitting, clearance 기능
- Die의 가공 NC 프로그램 작성 후 off-set 양을 주어 타 부품 가공

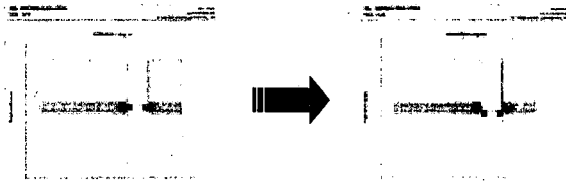
◆ Vee-ring 가공

➢ CNC Milling 가공 후 방전 가공



◆ stage 3 : 내측 hole piercing 성형(C-C 단면)

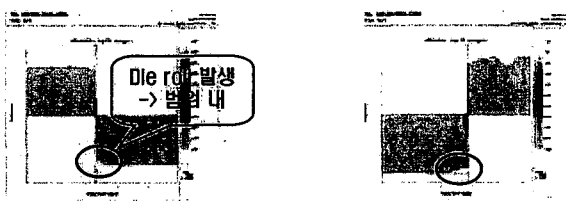
➢ hole을 성형할 때 forging 부위의 변형 고려



Piercing 전

Piercing 후

◆ stage 4 : 내측 및 외측 형상 FB(D-D 단면)



Carrier plate의 내측 전단면

Carrier plate의 외측 전단면

- node : 5,313개
- element : 5,301개
- 전단면 : 95%이상 충족
- die roll size 허용 가능

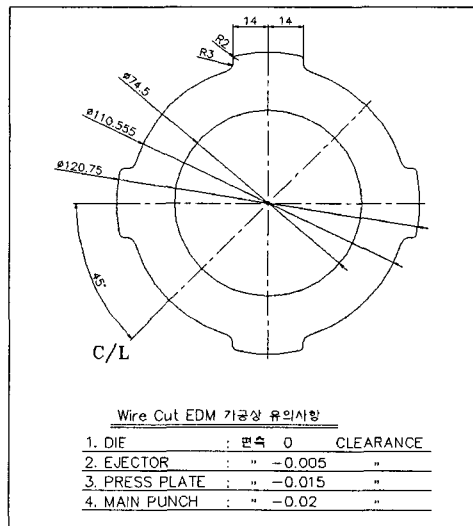
◆ 금형 핵심 요소 wire cure 가공

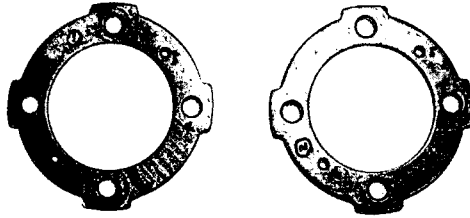
➢ Die, Punch, Ejector, Guide plate의 치수 중요

- Slide fitting, clearance 기능
- Die의 가공 NC 프로그램 작성 후 off-set 양을 주어 타 부품 가공

◆ Vee-ring 가공

➢ CNC Milling 가공 후 방전 가공





◆ carrier plate의 시험 sample 측정 결과

목 표 치	외형 전단면 (%)	내측 전단면 (%)	hole 위치도 (Φ10.6)				hole 위치도 (Φ4)		hole 주위 평면도	단면의 표면조도 (μm)
			0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		
sample 1	97	80	0.045	0.106	0.120	0.112	0.056	0.137	0.030	0.90
sample 2	98	90	0.013	0.042	0.151	0.123	0.087	0.119	0.025	0.95

◆ 시제품 (Carrier plate)

- 외측 전단 : clean cut 95%
- 내측 전단 : clean cut 75%
- 평 면 도 : 0.03
- 표면 조도 : 1.6 μm

Carrier plate의 FB 최적 성형 조건	
- SPM :	22 회/min
- 전단력 :	400 ton
- Vee-ring force :	70 ton
- counter force :	30 ton
- total force :	500 ton