

파인 블랭킹 금형의 V-링 위치 및 다이 챔퍼 형상이 다이 롤 높이에 미치는 영향에 관한 실험 연구

김종덕^{1*}

¹한국생산기술연구원 금형기술연구그룹

An experimental study on the effect of V-ring position and die chamfer shape on the die roll height in fine blanking tool

Jong-Deok Kim^{1*}

¹Molds and Dies Technology R & D Group, Korea Institute of Industrial Technology

요약 기어의 파인 블랭킹에서 기능면으로 사용되는 전단면(잇 면)을 최대한 확보하기 위하여 다이 롤 높이(die roll height)의 최소화는 매우 중요하다. 본 논문에서는 파인 블랭킹 금형의 핵심 설계 요소인 V-링 위치와 다이 챔퍼(die chamfer) 형상에 따라 기어의 다이 롤 높이 변화를 고찰하기 위하여 V-링 거리와 다이 챔퍼 형상이 다른 여러 가지 다이 편 및 가이드 플레이트 편으로 구성된 파인 블랭킹 금형 세트를 제작하여 실험하였다. 각 실험으로부터 시편을 채취하여 다이 롤 높이를 측정 분석한 결과 파인 블랭킹 기어의 다이 롤 높이는 각 모듈에서 다이 챔퍼 각도가 증가함에 따라 증가하고 V-링 거리가 증가함에 따라 증가됨을 알 수 있었다.

Abstract It is very important to minimize the die roll height of gear, in order to maximize the shear cutting surface(tooth surface) of fine blanking. In this paper, the fine blanking tool sets were manufactured in order to study the die roll height according to V-ring position and die chamfer shape. They were constituted of the various die inserts and guide plate inserts with different die chamfer shape and different V-ring distance. The fine blanking experiment was conducted with the fine blanking tool sets and the die roll height of the gear samples was measured. It should be noted that die roll height on the fine blanked gear increased with increasing the V-ring distance and die chamfer angle.

Key Words : Fine blanking, Die roll height, V-ring, Die chamfer, Die insert, Guide plate insert

1. 서론

파인 블랭킹(fine blanking)은 단발 블랭킹으로 제품의 전체 두께에 걸쳐 필요로 하는 고운 전단면과 양호한 제품 정밀도를 얻는 프레스 가공 공정이다. 파인 블랭킹 공정을 이용하면 더 이상의 2차 기계 가공이 필요 없는 정밀한 전단면을 얻을 수 있다. 파인 블랭킹 제품은 주로 전단면을 기능면으로 사용되기 때문에 전단면의 품질은 매우 중요하다. 파인 블랭킹 제품의 전단면 품질을 결정하는 여러 가지 요소 중 그림 1과 같은 다이 롤 높이가

크다면 기능면으로 작용하는 면적이 적어 동력을 전달하는 기어 등에는 치명적 손상을 초래할 수 있다.

다이 롤 높이는 제품의 형상, 재료의 특성과 조직, 전단면의 비율 및 펀치 날, 다이 챔퍼, V-링 거리(V-ring distance) 등 파인블랭킹 금형 요소 설계에 따라 다르다 [1]. 본 연구에서는 파인블랭킹 제품 사양이 결정된 상태에서 파인 블랭킹 금형의 펀치 형상을 일정하게 유지하고 V-링 거리와 다이 챔퍼 형상 변화에 따른 파인 블랭킹 제품의 다이 롤 높이 변화를 검토하였다.

본 논문은 지식경제부의 자동차 핵심부품 생산 기반 공정 플랫폼 기술 개발사업(과제 번호 : 10-FM-2-0038)의 지원으로 수행됨.

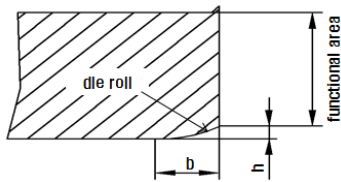
*Corresponding Author : Jong-Deok Kim

Tel: +82-32-8500-0330 email: jdk@kitech.re.kr

접수일 12년 02월 09일

수정일 12년 04월 17일

게재확정일 12년 05월 10일

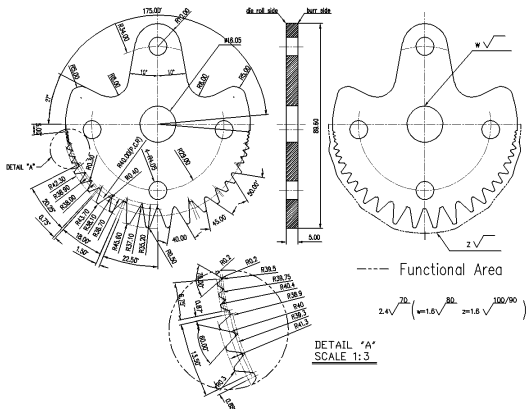


[그림 1] 파인 블랭킹 제품의 다이 롤과 다이 롤 높이(h) 및 다이 롤 폭(b)
 [Fig. 1] roll of fine blanking part: die roll height(h) and die roll width(b)

2. 파인 블랭킹 금형 제작

2.1 특수 기어 파인 블랭킹 제품 설계

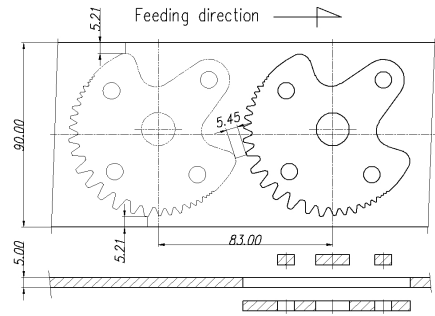
여러 가지 모듈의 특수 기어에 대하여 실험을 실시하고자 파인 블랭킹 성형의 난이도[2]가 매우 높은 기어(모듈 0.5, 1.0, 1.5)를 포함하여 비교적 난이도가 낮은 기어(모듈 2.0, 2.5)를 가지는 가상의 파인 블랭킹 제품을 그림 2와 같이 설계하였다. 재료는 SNCM220(인장강도 486.5Mpa, 연신율 32.5%)으로 선정하였다.



[그림 2] 특수 기어 파인 블랭킹 제품
 [Fig. 2] Special gear for fine blanking

2.2 특수 기어 성형용 파인 블랭킹 금형 제작

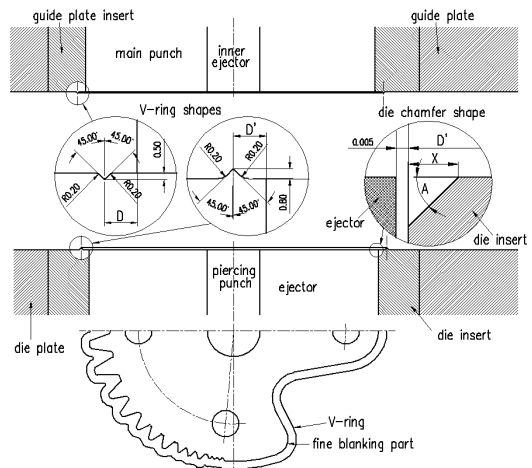
제품과 제품 사이가 너무 좁으면 파인 블랭킹 성형이 곤란하기 때문에 재료를 최대한 절감하고 파인 블랭킹 성형을 가능하게 하기 위하여 제품과 제품 사이의 거리는 재료 두께의 약 1.1배인 5.45mm로 설정하였으며 스트립 측면에서부터 제품 사이의 거리는 5.21mm로 설정하였다. 그림 3과 같이 피치 83mm, 재료 폭 90mm로 스트립 레이아웃(strip layout)을 설계하였다.



[그림 3] 파인 블랭킹 금형의 스트립 레이아웃
 [Fig. 3] Strip layout of fine blanking tool

파인 블랭킹 성형을 위한 힘을 계산한 결과 전체 힘이 222.68ton으로 실험을 위하여 이를 초과하는 650 유압 파인 블랭킹 프레스(Mori FB650)를 선정하였으며 펀치와 다이의 간극(clearance)은 재료 두께의 0.5%인 0.025mm로 설정하였다[3].

파인 블랭킹 공정에서는 전단이 시작되기 전 재료를 클램핑하기 위하여 V-링을 설치한다. 파인 블랭킹 금형의 V-링 설계 지침[4]에 따라 그림 4와 같이 재료 두께 5mm인 경우, 다이 플레이트와 가이드 플레이트 양쪽에 설치되도록 설계하였으며 V-링 거리 및 다이 챔퍼 형상에 따른 다이 롤 높이를 검토하기 위하여 가이드 플레이트와 다이 플레이트는 편 구조로 조립할 수 있도록 파인 블랭킹 금형을 제작하였다.



[그림 4] V-링 설계와 다이 편의 다이 챔퍼 형상 설계
 [Fig. 4] Design of V-ring and design of die chamfer on the die insert

3. 파인 블랭킹 실험

3.1 실험 순서 및 조건

먼저 V-링 거리(D : 그림 4 참조)가 2.5 mm인 가이드 플레이트 편을 제작하여 상부 금형을 조립한 후, 가이드 플레이트의 V-링에 대응하고 다이 챔퍼가 서로 다른 3개의 다이 편(다이 챔퍼 각도 A 30°, 45° 60° : 그림 4 참조)을 제작하여 하부 금형을 조립하였다. 표 1과 같이 금형 세트를 구성한 후, 1차 파인 블랭킹 실험을 실시하였다. 3 가지 조합의 금형 세트는 No.2530, No.2545, No.2560으로 표시하였으며 4 자리 숫자 전반부의 두 자리 숫자는 V-링 거리(10 x D)를 나타내며, 후반부의 두 자리 숫자는 다이 챔퍼의 경사 각도를 나타내고 있다.

[표 1] 1차 실험용 파인 블랭킹 금형의 V-링 거리와 다이 챔퍼 형상

[Table 1] V-ring distance and die chamfer shape of fine blanking tool for first experiment

실험 순서	금형 세트	V-링 거리	모듈	다이챔퍼 형상	
		D(mm)		X(mm)	A(°)
1	No.2530	2.5	0.5	0.10	30
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	
2	No.2545	2.5	0.5	0.10	45
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	
3	No.2560	2.5	0.5	0.10	60
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	

2차 실험을 위하여 V-링 거리가 2.0 mm인 가이드 플레이트 편을 제작하여 상부 금형을 조립한 후, 가이드 플레이트의 V-링 거리에 대응하고 1차 실험용 다이 편과 같이 다이 챔퍼 각도가 서로 다른 3 개의 다이 편을 제작하여 하부 금형을 조립하였다. 표 2와 같이 금형 세트를 구성한 후 2차 파인 블랭킹 실험을 실시하였다. 3가지 조합의 금형 세트는 No.2030, No.2045, No.2060으로 표시하였으며 숫자의 의미는 1차 실험용 금형 세트와 같다.

3차 실험을 위하여 V-링 거리 1.5 mm인 가이드 플레이트 편을 제작하여 상부 금형을 조립한 후, 가이드 플레이트의 V-링 거리에 대응하고 1차 실험용 다이 편과 같이 다이 챔퍼 각도가 서로 다른 3 개의 다이 편을 제작하

여 하부 금형을 조립하였다. 표 3과 같이 금형 세트를 구성한 후 3차 파인 블랭킹 실험을 실시하였다. 3가지 조합의 금형 세트는 No.1530, No.1545, No.1560으로 표시하였으며 숫자의 의미는 1차 실험용 금형 세트와 같다.

[표 2] 2차 실험용 파인 블랭킹 금형의 V-링 거리와 다이 챔퍼 형상

[Table 2] V-ring distance and die chamfer shape of fine blanking tool for second experiment

실험 순서	금형 세트	V-링 거리	모듈	다이챔퍼 형상	
		D(mm)		X(mm)	A(°)
1	No.2030	2.0	0.5	0.10	30
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	
2	No.2045	2.0	0.5	0.10	45
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	
3	No.2060	2.0	0.5	0.10	60
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	

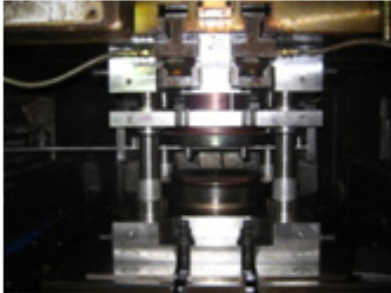
[표 3] 3차 실험용 가이드 플레이트 편 V-링 거리와 다이 챔퍼 형상

[Table 3] V-ring distance and die chamfer shape of fine blanking tool for third experiment

실험 순서	금형 세트	V-링 거리	모듈	다이챔퍼 형상	
		D(mm)		X(mm)	A(°)
1	No.1530	1.5	0.5	0.10	30
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	
2	No.1545	1.5	0.5	0.10	45
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	
3	No.1560	1.5	0.5	0.10	60
			1.0	0.15	
			1.5	0.20	
			2.0	0.20	
			2.5	0.20	

그림 5와 같이 650ton 파인 블랭킹 프레스(Mori 650FB)에 제작된 금형을 세팅하고 프레스 용량에 적합하도록 전단력(shear force) 2,250 KN, V-링 힘(V-ring

force) 1,250 KN, 카운터 힘(counter force) 200 KN으로 설정하였으며, 전단 속도는 18 mm/sec로 설정하여 순차적으로 실험하였다.



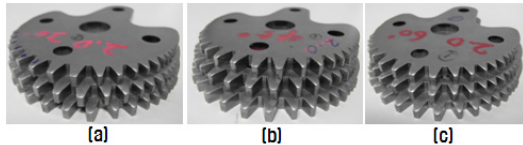
[그림 5] 파인 블랭킹 금형 세팅
[Fig. 5] Fine blanking tool setting

3.2 실험 결과

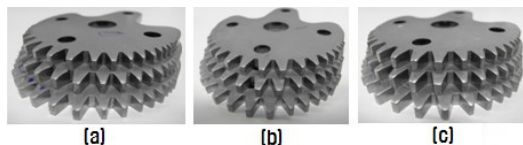
파인 블랭킹 실험 결과 발생된 특수 기어 성형품을 그림 6에 제시하였다.



1차 실험결과(a:No.2530, b:No.2545, c:No.2560)



2차 실험결과(a:No.2030, b:No.2045, c:No.2060)



3차 실험결과(a:No.1530, b:No.1545, c:No.1560)

[그림 6] 파인 블랭킹 성형품
[Fig. 6] Fine blanking gear samples

비접촉 광학 형상측정기(datastar 200)를 이용하여 파인 블랭킹 실험에서 가공된 기어 성형품 3개의 다이 롤 높이를 측정하였다. 표 4에 1차 실험 결과 다이 롤 높이 측정 평균값을, 표 5에 2차 실험 결과 다이 롤 높이 측정 평균값을, 표 6에 3차 실험 결과 다이 롤 높이 측정 평균값을 각각 제시하였다.

[표 4] 1차 실험결과 성형품의 다이 롤 높이

[Table 4] Die roll height on the gear from the first experiment

모듈	다이 챔퍼 형상			
	X(mm)	A(°)		
		30	45	60
0.5	0.10	0.764	0.766	0.778
1.0	0.15	1.500	1.504	1.636
1.5	0.20	1.441	1.451	1.580
2.0	0.20	1.167	1.170	1.323
2.5	0.20	0.985	0.989	1.145

[표 5] 2차 실험결과 성형품의 다이 롤 높이

[Table 5] Die roll height on the gear from the second experiment

모듈	다이 챔퍼 형상			
	X(mm)	A(°)		
		30	45	60
0.5	0.10	0.772	0.773	0.775
1.0	0.15	1.456	1.462	1.616
1.5	0.20	1.284	1.314	1.544
2.0	0.20	1.122	1.203	1.306
2.5	0.20	0.996	1.032	1.141

[표 6] 3차 실험결과 성형품의 다이 롤 높이

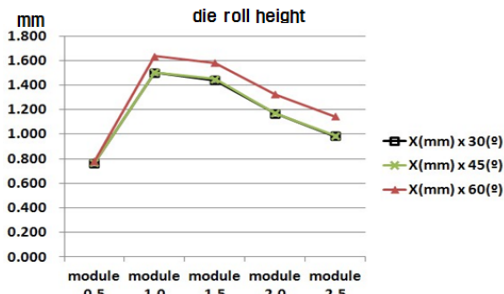
[Table 6] Die roll height on the gear from the third experiment

모듈	다이 챔퍼 형상			
	X(mm)	A(°)		
		30	45	60
0.5	0.10	0.758	0.687	0.770
1.0	0.15	1.571	1.468	1.598
1.5	0.20	1.510	1.349	1.521
2.0	0.20	1.298	1.122	1.306
2.5	0.20	1.079	0.978	1.140

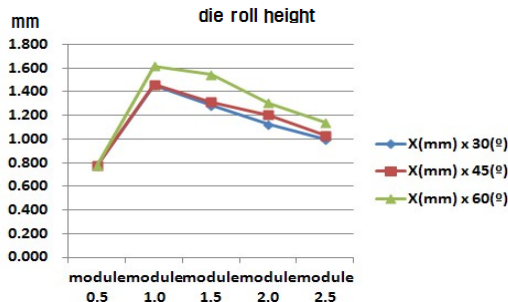
3.3 실험 결과 분석

3.3.1 V-링 거리가 일정할 때

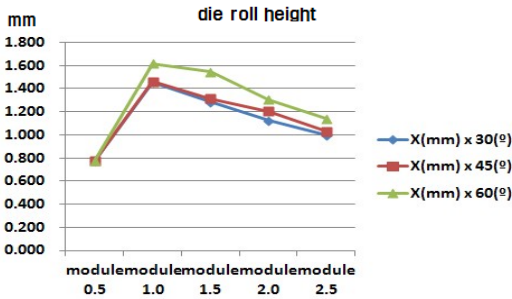
V-링 거리(D)가 2.5mm인 경우(그림 7 참조)와 2.0mm인 경우(그림 8 참조) 각 모듈에서 다이 챔퍼 각도가 증가함에 따라 특수 기어 성형품의 다이 롤 높이는 증가하고 있음을 알 수 있었다[4],[5]. 그러나 V-링 거리(D)가 1.5mm인 경우(그림 9 참조) 특수 기어 성형품의 다이 롤 높이는 30°에서 45°까지 감소하다가 45°부터 증가하고 있었다. 이 때 모듈 0.5인 구간의 절단면에 파흔(scar)도 발생하였으며 V-링 거리가 너무 적어 재료 유동이 원활하지 못한 것으로 판단되었다. 이와 같은 문제를 피하기 위하여 파인 블랭킹에서 재료 두께가 5mm인 경우 V-링 거리는 2.5mm를 추천하고 있다[6].



[그림 7] 기어 성형품의 각 모듈에서 다이 챔퍼 형상에 따른 다이 롤 높이(D= 2.5mm)
 [Fig. 7] Die roll height of each module on the fine blanking gear according to die chamfer shape(D= 2.5mm)



[그림 8] 기어 성형품의 각 모듈에서 다이 챔퍼 형상에 따른 다이 롤 높이(D= 2.0mm)
 [Fig. 8] Die roll height of each module on the fine blanking gear according to die chamfer shape(D= 2.0mm)

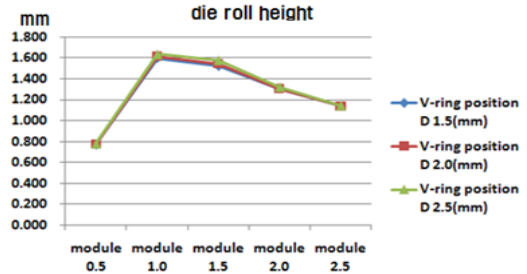


[그림 9] 기어 성형품의 각 모듈에서 다이 챔퍼 형상에 따른 다이 롤 높이(D= 1.5mm)
 [Fig. 9] Die roll height of each module on the fine blanking gear according to die chamfer shape(D= 1.5mm)

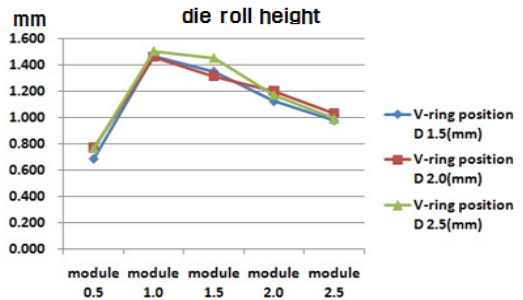
3.3.2 다이 챔퍼 형상이 일정할 때

다이 챔퍼 각도(A)가 60°인 경우(그림 10 참조) 각 모듈에서 V-링 거리가 증가함에 따라 특수 기어 성형품의 다이 롤 높이는 증가하고 있었으며[7], 다이 챔퍼 각도(A)가 45°인 경우(그림 11 참조)도 각 모듈에서 V-링 거리가

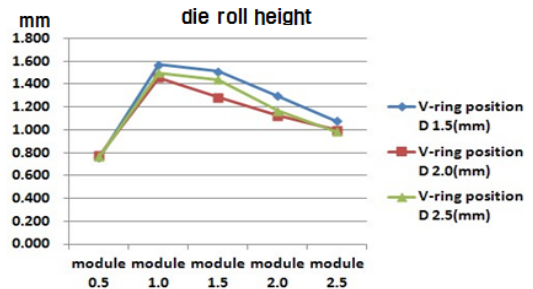
증가함에 따라 특수 기어 성형품의 다이 롤 높이는 대체로 증가하고 있었으나 다이 챔퍼 각도(A)가 30°인 경우(그림 12 참조), 규칙성을 찾을 수가 없었다. 일반적으로 파인블랭킹 금형에서는 다이 챔퍼 각도를 45° 이상 부여하는 것을 권장하고 있다.



[그림 10] 기어 성형품의 각 모듈에서 V-링 거리에 따른 다이 롤 높이(A= 60°)
 [Fig. 10] Die roll height of each module on the fine blanking gear according to V-ring distance(A= 60°)



[그림 11] 기어 성형품의 각 모듈에서 V-링 거리에 따른 다이 롤 높이(A= 45°)
 [Fig. 11] Die roll height of each module on the fine blanking gear according to V-ring distance(A= 45°)



[그림 12] 기어 성형품의 각 모듈에서 V-링 거리에 따른 다이 롤 높이(A= 30°)
 [Fig. 12] Die roll height of each module on the fine blanking gear according to V-ring distance(A= 30°)

4. 결론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. V-링 거리($D=2.0\text{mm}$ 이상)가 일정할 때 각 모듈에서 다이 챔퍼 각도가 증가함에 따라 기어의 다이 롤 높이는 증가한다.
2. 다이 챔퍼 형상(다이 챔퍼 각도 45° 이상)이 일정할 때 각 모듈에서 V-링 거리가 증가함에 따라 기어의 다이 롤 높이는 대체로 증가한다.
3. 다이 챔퍼 및 V-링 거리와 관계 없이 모듈(1.0이상)이 증가함에 따라 다이롤 높이는 감소한다.
4. V-링 거리($D=1.5\text{mm}$)가 적을 경우 다이 챔퍼 각도가 증가함에 따라 기어의 다이 롤 높이가 감소하다가 증가하며, 다이 챔퍼 각도가 적을 경우($A=30^\circ$) V-링 거리가 증가함에 따라 기어의 다이 롤 높이는 감소하다가 증가하는 현상이 발생하고 있으나 이는 재료 유동이 원활하지 못하기 때문으로 예측되며 향후 성형 해석을 통한 원인 규명이 필요하다.

References

- [1] Taylan Altan, "Metal Forming Handbook", Springer-Verlag pp. 330-365, 1998.
- [2] W. Blatter, "Introduction into the technology fine blanking tools", KAITECH, pp. 8-82, 1991.
- [3] Franzer Birzer, "Forming and Fineblanking", verlag moderne Industrie, pp. 7-14, 1998.
- [4] Jong Deok Kim, Heung Kyu Kim, "A study on the change of die roll size by the shape of die chamfer in fine blanking die for automobile door latch" Journal of the KAIS, v12, no. 2. pp. 565-570, 2011.
- [5] Jong-Deok Kim, Heung-Kyu Kim, Young-Moo Heo, Sung-Ho Chang, "A study on the relation between die roll height and die chamfer shape in fine blanking for special gear", Advanced Materials Research Vol. 320, pp. 92-96, 2011.
- [6] Altanu Muhoty, Franz Birzer, Peter Hoefel, Helmut Singer, Kurt Lange, "Cold forming and Fine blanking" Edelmetallwerke Buderus AG, Feintool AG Lyss, Hoesch Hohenlimburg GmbH, Kaltwartzwerk Brockhaus GmbH, pp. 141-165, 1997.
- [7] Jong Deok Kim, Heung Kyu Kim, Sung Ho Chang, "A study on the effect of V-ring position on die roll height in the fine blanking for automobile seat recliner gear", Proc. of the KAIS Spring Conference, pp. 824-827, May, 2011.

김 종 덕(Jong-Deok Kim)

[정회원]



- 1981년 2월 : 서울대학교 기계공학과(학사)
- 1982년 3월 : 한국기계연구원(연구원)
- 1989년 10월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원(수석연구원)

<관심분야>

fine blanking 금형 및 판재 성형 기술, micro 금형 및 성형 기술, rapid tooling 기술