

파인블랭킹 공정에서 V-링 압력과 클리어런스가 다이 롤 높이에 미치는 영향에 관한 연구

이준규^{1*}, 김종덕², 김영춘¹
¹공주대학교 기계공학부, ²생산기술 연구원

A Study on the Effect of V-Ring Pressure and Clearance on the Die Roll Height Through the Fine Blanking

Chun-Kyu Lee^{1*}, Jong-Deok Kim² and Young-Choon Kim¹

¹Div. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

²Molds and Dies Technology R & D Group, Korea Institute of Industrial Technology

요 약 유효 전단면의 크기를 최대가 되도록 하기 위해서는 다이 롤 높이의 최소화가 매우 중요하다. 본 연구에서는 V-링 압입량의 변화와 클리어런스의 변화에 대한 다이 롤 변화를 연구하였다. V-링 거리를 2mm로 고정하고 클리어런스가 다른 다이인serter를 적용할 수 있는 파인블랭킹 금형을 제작하여 전단해석과 실험을 진행하였다. 각 실험으로부터 시편을 채취하여 다이 롤 높이를 분석한 결과 V-링의 압력이 재료의 유동을 효과적으로 억제하고 펀치와 다이 사이의 클리어런스가 재료 두께에 대하여 1%의 경우가 다이 롤 높이가 낮게 됨을 알 수 있었다

Abstract Minimizing the height of the die roll is very important for maximizing the size of effective shear planes. In this study, the die roll change was investigated for the change in the amounts and clearance of the V-ring indentation. Shear analysis and experiments were conducted with the V-ring distance fixed to 2mm. Fine blanking die was applied to the die insert with different clearances. Several specimens were analyzed about the height of the die roll. As a result, the pressure of V-ring effectively inhibited the flow of materials. And the height of the die roll was lowest when the clearance between the die and punch was 1% of the material thickness.

Key Words : Clearance; Die Roll; Effective Share Surface; Fine Blanking; V-ring Force;

1. 서론

금속의 외형을 1회에 의해 전단하는 공정을 블랭킹 가공이라 하며, 그 중에서도 파인 블랭킹가공은 제품의 전체 두께에 대하여 고운 전단면과 높은 정밀도를 요구되는 제품에 적합하며, 더 이상의 2차 기계가공이 필요하지 않고 정밀도도 일반 블랭킹에 비하여 매우 높은 가공법이다.

파인 블랭킹 제품은 주로 전단면을 기능면으로 사용하기 때문에 전단면의 품질이 매우 중요하며, 전단면 품질

을 결정하는 요소 중에서 다이 롤 높이는 전단면의 크기를 결정하는 중요한 부분이다.[1]

[Fig. 1]과 같이 다이 롤 높이는 제품의 형상, 펀치와 다이 사이의 간격, 재료의 특성, 펀치와 다이 날의 예리함 정도 및 V-링의 거리, V-링의 압입정도 등의 많은 금형 요소에 영향을 받는다.[2] 그 중에서도 V-링 압력 및 클리어런스는 유효 전단면을 얻는데 매우 중요한 요소이다.

본 연구에서는 다이 롤 높이에 영향을 미치는 클리어런스와 V-링 압력 변화를 적용하여 다이 롤 높이의 변화량을 해석과 실험을 통하여 고찰하고자 한다.

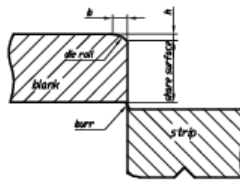
*Corresponding Author : Chun-Kyu Lee(Kongju National Univ.)

Tel: +82-10-4725-5214 email: ckt1230@naver.com

Received August 30, 2013

Revised (1st October 14, 2013, 2nd November 4, 2013)

Accepted December 5, 2013



[Fig. 1] Die-roll of fine blanking

2. 파인 블랭킹 금형 제작

2.1 재료 분석 및 파인 블랭킹 제품 설계

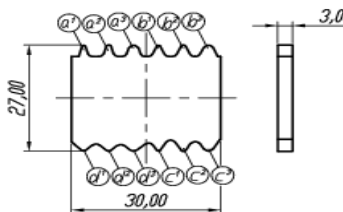
본 실험에서 사용한 파인 가공판재는 비교적 전단 가공의 용이함과 금형의 강성 및 프레스의 공정 압력을 고려하여 두께 3mm의 냉간 압연 강판(SCP-1)과 산세강판(PO: Pickled-oiled steel sheets)을 사용하였다.

실험에 사용된 재료 성분은 Table 1과 같다.

[Table 1] Component analysis of the test material

	Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc (%)	Units	
SCP-1 (SPCC)	C	Ka	3.48	0.748	0.126	wt. %	
	P	Ka	5.42	1.402	0.043	wt. %	
	S	Ka	0.22	0.148	0.045	wt. %	
	Cr	Ka	1.36	.0329	0.242	wt. %	
	Mn	Ka	0.87	0.264	0.496	wt. %	
	F	Ka	32.28	1.607	3.743	wt. %	(Containing impurities)
	Fe	Ka	196.30	3.963	95.305	wt. %	
					100	wt. %	Total
SHP-1 (SPHC)	C	Ka	3.62	0.695	0.168	wt. %	
	P	Ka	6.71	0.946	0.078	wt. %	
	S	Ka	0.29	0.195	0.063	wt. %	
	Mn	Ka	0.68	0.302	0.513	wt. %	
	F	Ka	16.85	1.499	3.460	wt. %	(Containing impurities)
	Fe	Ka	440.42	7.663	95.718	wt. %	
					100	wt. %	Total

블랭킹 제품은 성형의 난이도[3]를 고려하여 형상을 30°, 45°, 60°, 90°의 4가지로 하고 각각에 대하여 모서리 라운드를 R0.3, R0.5, R1.0으로 설정하여 Fig. 2와 Table 2 같이 설계하였다.



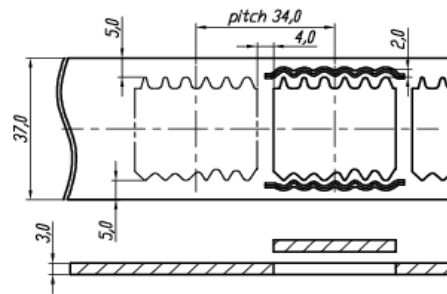
[Fig. 2] Fine blanking part

[Table 2] Product shape nine minutes

	Product Shape	Corner R		Product Shape	Corner R
a ¹	30°	0.3	c ¹	60°	0.3
a ²		0.5	c ²		0.5
a ³		1.0	c ³		1.0
b ¹	45°	0.3	d ¹	90°	0.3
b ²		0.5	d ²		0.5
b ³		1.0	d ³		1.0

2.2 성형용 파인 블랭킹 금형 제작

Fig. 3과 같이 제품의 전단 선에서부터 V-링의 중심까지의 거리를 2.0mm로 설정하고, V-링에서 재료의 외곽까지의 거리를 전단의 안정성을 고려하여 재료의 두께와 동일하게 3mm를 설정하였으며, 전단 특성과 재료의 이용률 및 V-링 라인을 고려하여 제품의 간격을 4mm로 설정하였다.

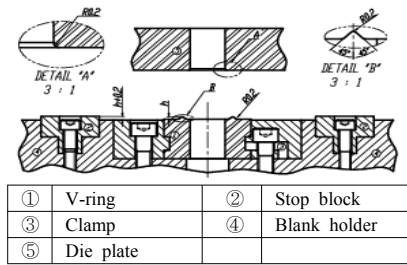


[Fig. 3] Strip layout of fine blanking die

범용 프레스에서 실험을 진행하기 위해 다이플레이트는 금형의 상형에 설치하고, 내부에 제품의 변형과 이젝팅을 위해 카운터펀치를 설치하였으며, 블랭킹 펀치는 V-링과 함께 금형의 하형에 설치하였으며, V-링의 압력은 프레스 기계의 다이 쿠션을 이용하여 조정할 수 있도록 설치하였다.

파인 블랭킹 금형의 V-링은 [Fig. 4]와 같이 설계 지침에 따라 3mm인 경우 가이드 플레이트의 한쪽에 설치하였으며, 모서리 부분에는 마모를 고려하여 3개소에 0.2mm의 라운드를 적용하였다. 다이의 인선부에도 R0.2mm를 적용하고 내측을 래핑 가공하여 제품의 단면이 깨끗하게 되도록 하였다.

재료를 삽입하지 않고 금형을 닫았을 경우 V-링의 돌출부는 상대편 부분에 닿게 되어 V-링 자신과 상대 부품에 손상을 주어 금형이 파손될 위험이 있다. 이를 방지하기 위하여 블랭크 홀더의 상면에 V-링보다 0.2mm 높게 이를 보호하기 위한 스톱 블록을 4개소에 설치하여 V-링을 보호할 수 있도록 하였다[4].



[Fig. 4] Design of die plate and v-ring

3. 전단 해석 및 실험

3.1 실험 순서 및 조건

금형의 상측에 다이플레이트를 인서트하여 조립한 후, V-링을 펀치의 인서트에서부터 2mm가 되도록 조립하고, V-링의 압력을 62MPa가 되도록 하여 1차 실험을 실시한다. 이 후에 다이플레이트의 인서트를 교환하여 클리어런스의 변화를 주고 실험을 실시하였다. 1차와 같은 방법으로 하여 V-링의 압력을 140MPa로 하여 2차 실험을 실시하였다.

금형 파트는 Table 3과 같이 1-62, 3-62, 1-140, 3-140으로 나타내고 숫자의 전반부는 클리어런스 값을 재료 두께의 %로 나타내며, 후반부는 V-링 압력의 크기를 나타내고 있다.

[Table 3] Die set for experiment

Test order	Test material	clearance	V-ring force	Die parts
1	SCP-1	0.03mm	62MPa	1-62
	SHP-1			
2	SCP-1	0.1mm	62MPa	3-62
	SHP-1			
3	SCP-1	0.03mm	140MPa	1-140
	SHP-1			
4	SCP-1	0.1mm	140MPa	3-140
	SHP-1			

3.2 전단 해석 및 실험

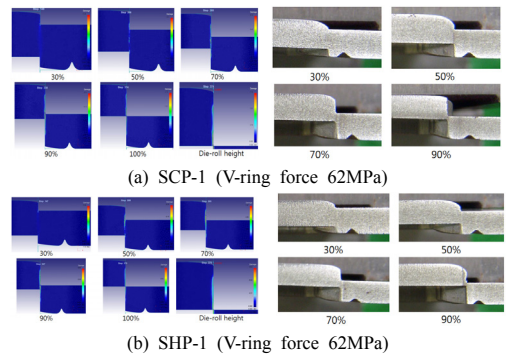
사용된 제품의 형상은 여러 가지 모듈을 갖는 특수 기어 모델로 해석의 어려움이 있으므로 한 부분의 특징요소를 선택하여 DEFORM으로 해석하였다.

Fig. 2에 나타난 것과 같이 b²를 선택하고 전단 과정을 30%, 50%, 70%, 90%로 구분하여 해석과 실험을 통하여 연구하였으며, 이 때 클리어런스를 0.03mm와 0.1mm를 적용하고, V-링 압력을 62MPa과 140MPa로 변경하여 실험하였다.

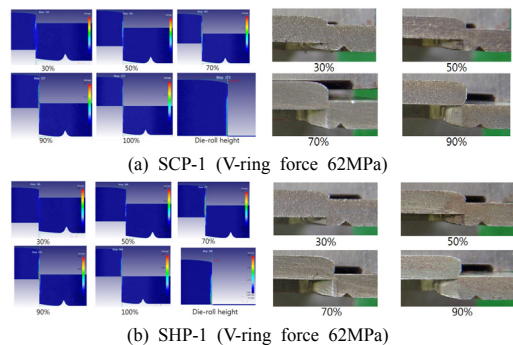
해석에 사용된 공정변수는 Table 4에 제시하고, 사용된 모델은 압연에 따른 이방성은 고려하지 않고 등방성으로 간주하고, V-링이 완전 압입한 것으로 하였으며[5], 경계 조건으로 소재가 옆으로 퍼지는 현상을 방지하기 위해 X축을 구속시키고, Y축 블랭킹 펀치와 카운터펀치는 전단 속도 106mm/sec에 스텝 증분 0.01mm로 하여 재료의 두께인 3mm를 상승시키면서 다이 롤의 변화량을 고찰하였다.

[Table 4] Parameters used in analysis

Parameters	Value	Unit
Punch speed	106.67	mm/s
Average elements size	0.01	mm
Element	20000	EA
Damage	SCP-1	1.0
	SHP-1	1.5
tool movement	0.01	mm
V-Ring distance	2	mm
V-Ring angle	45	°
V-Ring radius	0.5	mm
V-Ring high	0.6	mm
Die corner radius	0.2	mm



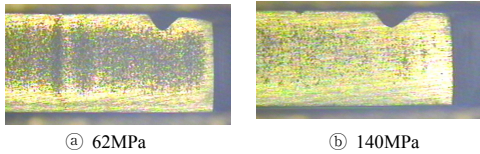
[Fig. 5] Die roll shape in case of clearance 0.03mm



[Fig. 6] Die roll shape in case of clearance 0.1mm

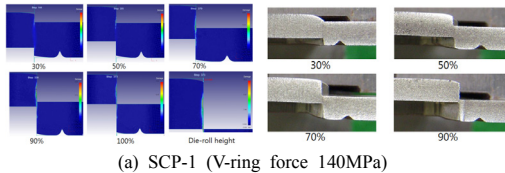
블랭크 홀더 압력은 V-링이 재료 속으로 파고 들어가는 압력으로 재료유동을 억제하고 전단과정에서 정수압을 유지하는 중요한 요소이다[6].

[Fig. 7]과 같이 V-링의 압력 62MPa에서는 높이 0.6mm에 대하여 0.485mm 압입되어 80.83%의 압입률을 나타내며, 140MPa에서는 0.582mm로 97%의 압입률을 나타냈다.

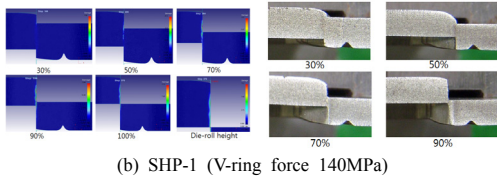


[Fig. 7] Indentation depth for v-ring force

2차 실험으로 클리어런스는 0.03mm로 고정하고 V-링의 압력을 140MPa로 변화시켜 1차 실험과 동일하게 실험을 실시하였다.



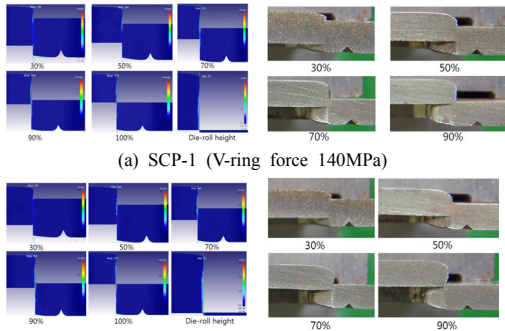
(a) SCP-1 (V-ring force 140MPa)



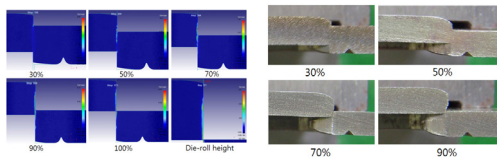
(b) SHP-1 (V-ring force 140MPa)

[Fig. 8] Die roll shape in case of clearance 0.03mm

3차 실험으로 클리어런스는 0.1mm로 변경하고 V-링의 압력은 140MPa로 고정시키고 1차 실험과 동일하게 실험을 실시하였다.



(a) SCP-1 (V-ring force 140MPa)



(b) SHP-1 (V-ring force 140MPa)

[Fig. 9] Die roll shape in case of clearance 0.1mm

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 실험 결과

비접촉식 광학 현미경(배율30X~210X)을 사용하여 파인 블랭킹 실험에서 가공된 제품 3개의 시료를 준비하고 다이 롤 높이를 측정하여 그 평균값과 해석에서 발생한 다이 롤 높이를 비교하였다. Table 5에는 각 실험에서 얻어진 측정값의 평균을 나타냈다.

[Table 5] Die roll height of experiment

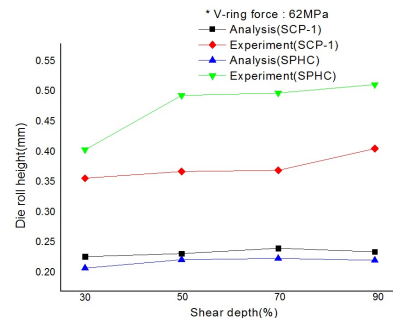
Test order	Die parts	material	Shear depth							
			30%		50%		70%		90%	
			Analysis	Experiment	Analysis	Experiment	Analysis	Experiment	Analysis	Experiment
1	1-62	SCP-1	0.227	0.357	0.232	0.368	0.241	0.370	0.235	0.406
		SHP-1	0.208	0.404	0.222	0.494	0.224	0.498	0.221	0.512
2	3-62	SCP-1	0.228	0.351	0.252	0.366	0.257	0.365	0.255	0.395
		SHP-1	0.197	0.386	0.226	0.461	0.235	0.477	0.219	0.489
3	1-140	SCP-1	0.194	0.224	0.224	0.242	0.227	0.251	0.207	0.248
		SHP-1	0.188	0.202	0.208	0.227	0.212	0.244	0.196	0.238
4	3-140	SCP-1	0.208	0.229	0.229	0.231	0.232	0.259	0.228	0.253
		SHP-1	0.175	0.213	0.193	0.234	0.201	0.240	0.184	0.236

4.2 실험 결과 분석

4.2.1 V-링 압력62MPa, 클리어런스 1%일 때

Fig. 10과 같이 V-링의 압력을 62MPa, 클리어런스를 0.03mm로 하여 실험하였을 때, SCP-1은 해석에서는 70% 전단까지는 다이 롤의 높이가 서서히 증가하다가 90%전단에서는 약간 낮아지는 것으로 나타났으며, 실험에서는 70%부분부터 90%까지가 크게 증가하였다.

SHP-1의 경우 해석 결과는 비교적 작은 증가 폭을 나타내다가 90%전단에서는 미소하게 감소하였으나, 실험 결과는 30%전단에서부터 90%전단까지 계속 증가하는 추세를 나타냈다.

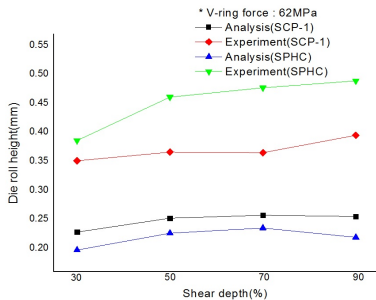


[Fig. 10] Clearance of 1% the die roll height

4.2.2 V-링 압력62MPa, 클리어런스 3%일 때

Fig. 11과 같이 V-링의 압력을 62MPa로 고정하고, 클리어런스를 0.1mm로 하여 실험하였을 때, SCP-1의 경우 해석에서는 1차 실험과 같이 70%까지는 서서히 증가하다가 90% 부분에서는 미소하게 감소하였으나, 실험에서는 90% 부분에서도 증가하는 것으로 나타났다.

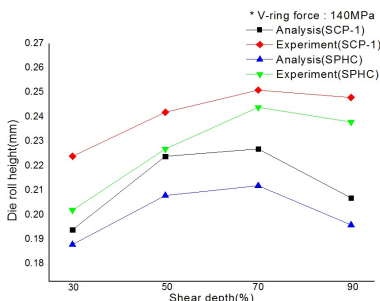
SHP-1에서 해석의 경우에는 70% 부분에서 다시 감소하는 현상을 나타냈으며, 실험에서는 미소하게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 1차 실험과 같이 V-링의 압력이 충분하지 못함에 의한 원인이다[7].



[Fig. 11] Clearance of 3% the die roll height

4.2.3 V-링 압력140MPa, 클리어런스 1%일 때

Fig. 12에 나타낸 것과 같이 V-링의 압력을 140MPa로 설정하고, 클리어런스를 0.03mm로 하여 실험하였을 때, SCP-1와 SHP-1 모두 해석과 동일하게 70% 전단까지는 다이 롤의 높이가 증가하다가 90% 전단 부분에서는 감소하는 것으로 나타났으며, 62MPa로 연구한 경우보다 다이 롤 높이가 감소하는 것으로 나타났다.



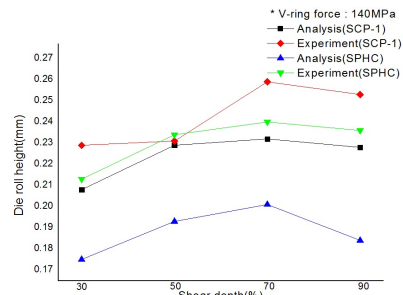
[Fig. 12] Clearance of 1% the die roll height

4.2.4 V-링 압력140MPa, 클리어런스 3%일 때

Fig. 13과 같이 V-링의 압력을 140MPa로 고정하고, 클리어런스를 0.1mm로 하여 실험하였을 때, SCP-1의 경우 해석에서는 전단 깊이가 50%까지는 다이 롤 높이가

급격히 증가하고, 70%까지는 완만하게 증가하고, 90%에서는 약간 감소하는 것으로 나타났으나, 실험 결과에서는 50%까지 거의 변화가 나타나지 않을 정도로 증가하였고, 70% 부분에서는 급격히 증가하는 것으로 나타나며, 다시 90% 부분에서는 감소하는 것으로 나타났다.

SHP-1에서는 다이 롤 높이 차이가 나타났으나, 해석과 실험 모두 70% 부분까지는 증가하다가 90%부분에서는 다시 감소하는 것으로 나타났다.



[Fig. 13] Clearance of 3% the die roll height

5. 결론

본 연구에서는 파인블랭킹 금형을 이용하여 V-링 거리는 2.0mm로 고정하고, V-링 압입력과 클리어런스를 변경하면서 다이 롤의 높이 변화에 대하여 해석과 실험을 통해 연구하였다.

- 1) 파인블랭킹 공정에서 V-링 압력의 경우 재료의 유동을 효과적으로 억제시켜야 하며, 클리어런스는 3%(0.1mm)의 경우보다 1%(0.03mm)의 경우가 다이 롤 높이가 낮게 됨을 알 수 있었다.
- 2) V-링 압력을 62MPa로 하고, 클리어런스를 1%에서 3%로 변경하여 실험한 결과 1%의 경우가 SCP-1과 SHP-1 모두에 대하여 다이 롤 높이가 낮게 발생하였다.
- 3) V-링 압력을 140MPa로 하고, 클리어런스를 1%에서 3%로 변경하여 실험한 결과 1차 실험한 62MPa보다 다이 롤 높이가 감소하였으며, 클리어런스에 의한 변화는 1%일 경우가 낮게 발생하였다.
- 4) 해석의 경우가 실험한 경우보다 다이 롤 높이가 낮게 발생하였으며, 이는 해석의 경우 V-링의 압입이 완전한 압입상태로 하였으며, 실험에서는 최대 약 97% 압입된 상태에서 실험한 결과로 사료된다.

- 5) 해석과 실험의 다이 롤 높이는 70% 전단까지는 증가하다가 90% 전단 부분에서는 약간 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 카운터펀치의 압력이 높아지면서 재료의 유동을 효과적으로 억제하여 정수압을 이루는 것으로 예측되며, 향후 이 부분에 대한 성형 해석을 통한 원인 규명이 요구된다.

References

- [1] Taylan Altan, "Metal Forming Handbook", Springer-Verlag pp. 330-365, 1998.
- [2] Jong-Deok Kim, "An experimental study on the effect of V-ring position and die chamfer shape on the die roll height in fine blanking tool" Journal of the Korea Academia-Industrial, cooperation Society, Vol. 13, No. 5, pp. 2009-2014, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.5.2009>
- [3] W. Blatter, "Introduction into the technology fine blanking tools", KAITECH, pp. 8-82, 1991.
- [4] Chun-Kyu Lee, "A study on the effect of factor in the fine blanking process for sheared surface", Seoul National University Graduate School of, Mechanical Engineering, pp.33-34, 2008.
- [5] Yun-Joo Kim, Tae-Soo Kwak, Won-Byong Bae, "Effect of V-Ring Indenter on the Sheared Surface in the Fine Blanking Process of a Pawl" Journal of the Korea Society of Precision Engineering, Vol. 17, No. 9, 2000
- [6] Jong-Ku Lee, "Study Fine Blanking deformation behavior of the shear zone", Dankook University Graduate School of, Department of Mechanical Engineering, pp01~45. 1990.
- [7] Yun-Joo Kim, Tae-Soo Kwak, Won-Byong Bae, "A Study on the Effect of Vee-ring Indenter on Shear Planes in Fine Blanking Process by Rigid-Plastic Finite Element Method" Journal of the Korea Society of Precision Engineering, pp1031~1035. 1999

이 춘 규(Chun-Kyu Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 서울과학기술대학교 정밀기계공학과 (기계공학석사)
- 2011년 3월 ~ 2013년 8월 : 공주대학교 대학원 기계공학부 (박사과정수료)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 유한대학교 금형설계과 (산학협력교수)

<관심분야>

프레스 금형 및 판재 성형 기술, 사출금형

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

김 영 춘(Young-Choon Kim)

[종신회원]



- 1989년 8월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 2005년 10월 ~ 현재 : 공주대학교 공과대학 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

전기자동차 전력변환, 전장제어, 태양광에너지, 공정설계