

유한요소해석 및 다구찌법을 이용한 자동차 도어 래치의 전단면 품질 향상을 위한 트리밍 공정 설계

이중현¹, 이경훈², 이선봉^{3*}
¹계명대학교 일반대학원 기계공학과
²한국해양대학교 기관공학부
³계명대학교 기계자동차공학과

Process Design of Trimming to Improve the Sheared-Edge of the Vehicle Door Latch based on the FE Simulation and the Taguchi Method

Jung-Hyun Lee¹, Kyung-Hun Lee², Seon-Bong Lee^{3*}

¹Department of Mechanical Engineering, Keimyung University

²Division of Marine Engineering, Korea Maritime and Ocean University

³Division of Mechanical and Automotive Engineering, Keimyung University

요약 자동차 도어 래치는 스프링, 사출품, 소형 모터 등의 작은 부품들을 조립하여 제조된다. 이를 위해서는 각 부품의 정밀설계 및 조립기술이 요구된다. 도어 래치는 자동차의 문을 열리지 않게 고정시켜 운전자의 안전에 직접적인 영향을 미치는 중요한 역할을 한다. 따라서 본 연구에서는 자동차 도어 래치의 주요 구성요소인 커넥터 단자의 트리밍 시, 롤오버를 저감하고 적합한 유효전단면을 찾기 위한 연구를 수행하였다. 유한요소해석과 실험계획법의 직교배열을 통한 다구찌법을 이용하여 차량용 도어 래치커넥터 단자의 전단면 품질 향상을 위한 최적 설계변수를 설정하였다. 해석에 사용된 설계변수는 클리어런스, 곡률반경, 블랭크 홀딩력이며, 커넥터 단자의 재질은 C2600이다. 해석을 통해 제안된 최적 트리밍 공정 조건은 실험을 통해 검증되었으며, 최종제품의 전단면 형상과 치수가 성형해석 결과와 잘 일치하였다. 이상의 결과로부터 차량용 도어 래치 커넥터 단자의 최종 롤오버 및 유효전단면 향상을 위한 최적화에 다구찌법을 유용하게 적용할 수 있음을 알 수 있으며, 트리밍 공정 이외의 다양한 금속성형공정에도 유용하게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract Automobile door latch is a fine design and assembly techniques are required in order to produce them in a small component assembly shape such as a spring, injection products, a small-sized motor. The door latch is fixed to not open the door of the car plays an important role it has a direct impact on the driver's safety. In this study, during trimming of the terminals of the connector main components of the car door latch, reduce rollover and conducted a research to find a suitable effective shear surface. Using the Taguchi method with orthogonal array of Finite Element Analysis and optimal Design of Experiments were set up parameters for the shear surface quality of the car door latch connector terminals. The design parameters used in the analysis is the clearance, the radius, and the blank holding force, the material of the connector terminal is a C2600. Trimming process optimum conditions suggested by the analysis has been verified by experiments, the shear surface shape and dimensions of a final product in good agreement with forming analysis results. Taguchi method from the above results in the optimization for the final rollover and effective shear surface improved for a vehicle door latch to the connector terminal can be seen that the applicable and useful for a variety of metal forming processes other than the trimming process is determined to be applicable.

Keywords : Door Latch, Finite Element Method, Sheared-Edge, Taguchi Method, Trimming

본 연구는 중소기업청의 산학 공동기술개발지원사업(B20150100)으로 수행된 연구결과임.

*Corresponding Author : Seon-Bong Lee(Keimyung University)

Tel: +82-10-5180-5067 email: seonbong@kmu.ac.kr

Received September 13, 2016

Revised October 10, 2016

Accepted November 10, 2016

Published November 30, 2016

1. 서론

자동차 도어 래치(door latch)는 스프링, 사출품, 소형 모터 등의 작은 부품들을 어셈블리(assembly)한 형태로 이를 제조하기 위해서는 정밀한 설계와 조립기술이 요구된다.

도어 래치는 자동차의 문을 열리지 않게 고정시켜주며, 이는 단순히 자동차의 도어를 여닫는 메커니즘을 수행하는 역할을 넘어 운전자의 안전에 직접적인 영향을 미치는 중요한 역할을 한다.

도어 래치를 구성하는 부품은 요구 특성 및 구동 메커니즘에 따라 총 18개의 사출부품으로 구성되고, 각각의 사출 제품은 리드 프레임(lead frame) 단자 성형 및 사출된 구조물 등으로 이루어진다. 본 연구에서는 구성 부품 중 기계적 특성에 영향을 미치는 리드 프레임 단자의 전단 형상에 관한 연구를 수행할 예정이다. 일반적으로 금속 판재의 전단면을 살펴보면 롤오버(roll-over), 유효전단면(effective sheared surface), 파단면(fracture surface), 버(burr)가 발생한다.[1,2] 과도한 파단면과 버가 발생될 경우, 이들을 제거하기 위한 후공정이 필요하고 도어에 장착 시 단자부 접촉 불량 및 소음, 진동의 문제를 일으키고[2,3], 제품의 수명을 단축시키는 원인이 된다. 높은 정밀도를 요구하는 도어 래치 리드 프레임 단자 부품의 제조 산업에서는 소재의 성형성을 고려한 성형량 배분, 펀치의 수명 향상 및 제품의 치수 정밀도 제어 등의 기술적인 난점이 존재한다.

Kim 등은 다이(die)와 펀치(punch)의 간격 즉, 클리어런스(clearance)가 제품의 전단면에 미치는 영향을 조사하였다[5]. Kang 등은 곡률반경의 변화와 마찰계수의 영향이 슬라이딩 코어의 접촉압력과 응력에 미치는 영향에 대해 연구하였다[6]. 또한, Lee 등은 극박판 사각 드로잉에 있어서 드로잉속도와 전단 홀딩력의 영향에 대해서 연구하였다[7]. Shim 등은 박판성형 마찰거동에 미치는 블랭크 홀딩력의 영향에 대해 연구하였다[8]. 그러나 황동 합금 재료의 박판 트리밍 공정에서 클리어런스, 펀치와 다이의 곡률반경 및 블랭크 홀딩력이 전단면 품질에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 자동차 도어 래치의 주요 구성요소인 리드 프레임 단자 커넥터 트리밍 시, 전단면 품질 향상을 위한 트리밍 공정설계를 수행하였다. 주요 설계 변수로 클리어런스, 펀치 및 다이의 곡률반경, 블랭크 홀

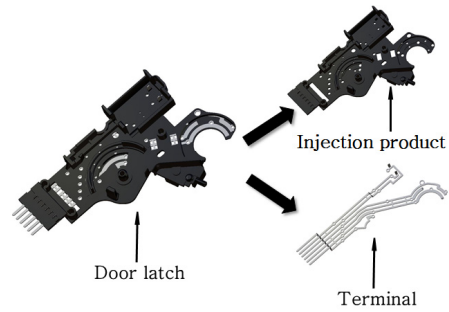


Fig. 1. 3D modelling of door latch assembly

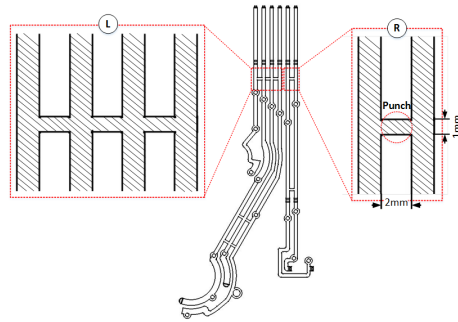


Fig. 2. Shape and dimensions of the terminal connector

딩력을 선정하였으며 최적 값을 결정하기 위하여 유한요소해석 및 다구찌법을 이용하였다. 또한 황동 합금 C2600 판재에 대하여 최적 공정 조건 하에서 트리밍 실험을 수행하여 전단면 형상 및 치수를 측정하여 본 연구의 유효성을 검증하였다.

2. 유한요소해석 조건

2.1 도어 래치 리드 프레임 단자 구조

Fig. 1은 도어 래치 리드 프레임의 구조를 나타내었다. 자동차 도어 래치 리드 프레임은 플라스틱 재질의 사출품과 황동 합금(C2600)인 커넥터 단자로 구성되어 있다.

그 중 커넥터 단자는 도어 래치 기능에 아주 중요한 역할을 하는 부품으로써 각각 4핀(L)과 2핀(R)이 결합된 총 6핀이 금형 가이드 핀에 구속 되어 펀치에 의해 전단이 된다. 6핀으로 형성된 커넥터 단자의 두께는 0.8 mm 이고, Fig. 2에 도어 래치 리드 프레임 커넥터 단자의 형상 및 주요 치수를 나타내었다.

Table 1. Tensile properties of C2600

Material	Y.S. [MPa]	T.S. [MPa]	El(%)
C2600	430	590	60
Flow stress curve		Critical damage value	
$\bar{\sigma} = 1191 (\bar{\epsilon})^{0.3384}$ [MPa]		1.5	

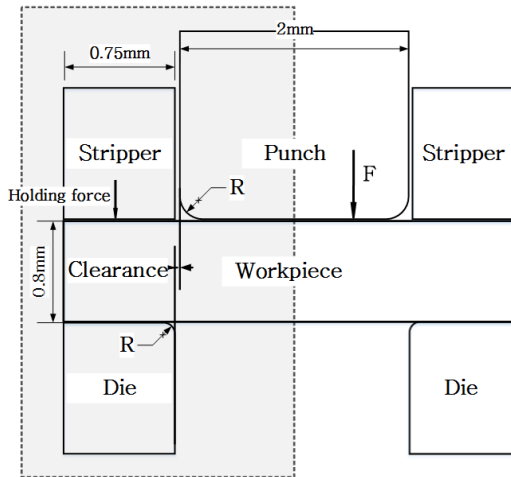


Fig. 3. FE-model of door latch connector

2.2 리드 프레임 단자 재료의 기계적 특성

박판 금속 성형 공정에서는 소성변형이 크게 발생하고 국부적인 파단발생에 의해서 성형성이 제한되기 때문에 연성과파괴이론이 성형공정 설계 및 성형한계를 예측하는데 이용된다.

본 연구에서 사용된 C2600(0.8t)의 기계적 물성을 Table 1에 나타내었다. 유한요소해석과 인장실험을 통해 C2600의 임계 손상치는 1.5로 계산되었으며 트리밍 공정의 파단 모사를 위한 연성과파괴 조건은 수정된 Cockcroft 및 Latham식을 이용하였다.

Fig. 3에 유한요소해석 모델을 나타내었다. 해석은 전단부의 롤오버와 전단면을 중점적으로 파악하기 위하여 제품의 전단부를 기준으로 1/2 모델에 대해 수행되었다. 전단 해석은 소재의 상단에서 하단으로 펀칭하는 1단계로 진행하였다.

2.3 유한요소해석 모델

트리밍 공정 설계를 위해 상용 유한요소해석 S/W인 DEFORM-2D를 이용하여 2차원 성형해석을 수행하였다. 커넥터 단자의 소재인 C2600의 유동응력식과 임계

Table 2. Design Variables and levels

Variables	Level	1	2	3
		A	Clearance (%)	2
B	Radius (mm)	0.001	0.003	0.005
C	Blanking Holding force (N)	865	965	1060

손상치는 Table 2의 값들이 사용되었다. 트리밍 제품의 전단면 품질 향상을 위한 최적의 조건을 선정하기 위하여 본 연구에서는 다구찌법을 활용하여 해석 케이스를 선정하였다.

2.4 실험인자 및 직교배열표 작성

트리밍 공정의 설계 변수는 펀치와 다이의 클리어런스, 곡률반경 및 블랭크 홀딩력(blank holding force)으로 선정하였다. 구리 합금재료의 전단 가공 시, 클리어런스는 일반적으로 소재 두께의 5%로 적용한다. 클리어런스가 작을 때 제품의 정도가 향상되며 뒤틀림 현상이 적어지며 제품의 전단면이 커지며 깨끗한 가공이 된다. 하지만 전단날에 큰 하중이 작용하므로 마모가 많이 발생하게 된다. 클리어런스가 클 경우에는 전단력이 작아지므로 금형의 파손이 적고, 전단 날에 작용하는 하중이 작으므로 마모가 적다. 하지만 제품의 뒤틀림 현상이 커지며, 정도가 높은 제품이 요구 될 때는 불량률이 발생할 수 있으므로 소재 가공에 따라 적절한 클리어런스가 필요하다[9].

펀치와 다이의 곡률반경은 전단 시 소재의 롤오버의 크기와 연관이 있으며, 펀치의 곡률반경이 클수록 펀치가 소재를 누르는 접촉면이 커지면서 롤오버의 크기는 점점 더 커지게 되고, 곡률 반경의 크기에 따라 소재의 표면 확장이 발생하는 위치에 영향을 미치게 된다. 해석에 적용된 펀치와 다이의 곡률반경은 1μm로 적용하였다[10].

블랭크 홀딩력이 증가할수록 펀치반경부의 두께변형이 심하게 발생할 수 있으며, 판재 전단방향의 인장력에 의해 펀치 반경부 뿐만 아니라 그 주위 영역에서도 변형영역이 확대되기 때문에 제품의 치수정밀도를 충족시키기 위한 정확한 작업조건 설정이 중요하다[11]. 따라서 본 연구에서는 위 세가지 공정변수들을 최적화시키기 위하여 다구찌법을 적용한 유한요소해석을 수행하였다.

다구찌법을 적용하기 위하여 우선 설계변수의 수준 및 직교배열표를 작성하였다[12,13,14]. Table 2에 설계

Table 3. $L_9(3^4)$ orthogonal array

Simulation no.	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Table 4. FE-analysis results of $L_9(3^4)$ orthogonal array

Simulation no.	Roll-over (mm)	Effective shear surface (mm)	Fracture (mm)	Max. Load (N)
1	0.120	0.320	0.320	476
2	0.107	0.354	0.278	464
3	0.104	0.343	0.273	530
4	0.127	0.345	0.270	494
5	0.119	0.316	0.288	512
6	0.116	0.342	0.30	474
7	0.140	0.309	0.274	502
8	0.144	0.325	0.291	466
9	0.138	0.307	0.296	474

변수 및 그 수준 값을 나타내었다. 유한요소해석은 Table 2의 설계변수를 바탕으로 Table 3 $L_9(3^4)$ 의 직교 배열표를 작성하여 각 수준 조합에 따라 트리밍 해석이 수행되었다.

3. 유한요소해석 결과

3.1 성형해석을 통한 다구찌법 적용 결과

각 수준 조합에 따라 진행된 해석 결과를 Table 4에 나타내었다. 설계 변수 중 롤오버는 값이 작을수록 좋고, 유효전단면은 클수록 좋으므로 롤오버는 식 (3.1)의 다구찌법 망소특성으로, 유효전단면은 식 (3.2)의 망대특성인 손실 함수를 적용하여 SN(Signal-to-Noise)비를 비교하여 최적의 수준을 예측하였다.

$$SN = -10 \cdot \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right) \quad (3.1)$$

Table 5. Comparison of SN ratio for roll-over

Simulation no.	Roll-over (mm)	Roll-over SN ratio
1	0.120	18.4163
2	0.107	19.4123
3	0.104	19.6593
4	0.127	17.9239
5	0.119	18.4891
6	0.116	18.7108
7	0.140	17.0774
8	0.144	16.8328
9	0.138	17.2024

Table 6. Comparison of SN ratio for effective shear surface

Simulation no.	Effective shear surface (mm)	Effective shear surface SN ratio
1	0.320	-9.8970
2	0.354	-9.0199
3	0.343	-9.2941
4	0.345	-9.2436
5	0.316	-10.0090
6	0.342	-9.3195
7	0.309	-10.2008
8	0.325	-9.7623
9	0.307	-10.2572

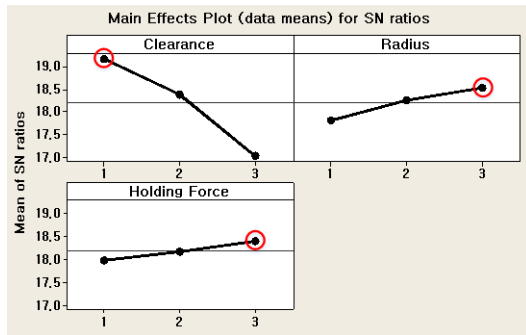
$$SN = -10 \cdot \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right) \quad (3.2)$$

여기서, y 는 해석 결과값, n 은 해석횟수를 나타낸 것이다.

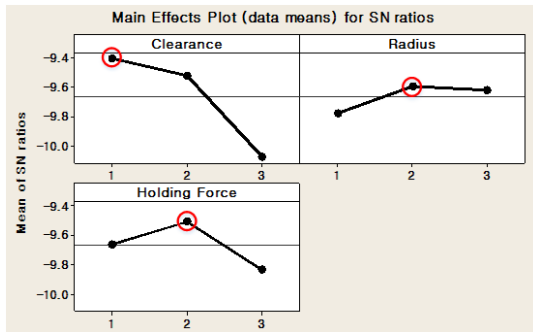
Table 5는 롤오버 치수정도, Table 6은 유효전단면 치수정도에 대한 성형해석 및 다구찌법 적용 결과를 나타낸 것이다. Fig. 4에 치수정도에 대한 수준별 요인 효과도를 나타내었다.

치수정도에 대한 롤오버의 영향은 클리어런스, 펀치 및 다이 곡률반경, 블랭크 홀딩력 순으로 영향이 크게 나타났다. 롤오버에 대해 SN비가 최대인 공정 조건은 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반경=0.005mm, 블랭크 홀딩력=1060N이다.

유효전단면에 대한 공정 변수의 영향은 클리어런스, 블랭크 홀딩력, 펀치 및 다이의 곡률반경 순으로 크게 나타났다. 유효전단면에 대해 SN 비가 최대인 공정 조건은 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반경=0.003mm, 블랭크 홀딩력=965N이다.



(a)

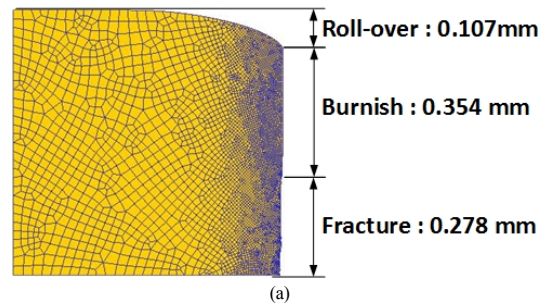


(b)

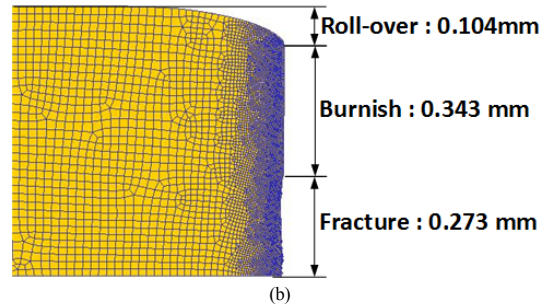
Fig. 4. The SN ratios for variables
(a) roll-over SN ratios
(b) effective shear surface SN ratios

다구찌법의 SN 비를 최대로 하는 두 조건을 살펴 보았을 때 롤오버에 대해 SN 비가 최대인 공정 조건은 해석조건 3번, 유효전단면에 대해 SN 비가 최대인 해석 조건은 2번인 것을 알 수 있다. 따라서 두 조건에 대한 성형해석 결과를 평가하였다.

Fig. 5에 롤오버와 유효전단면의 다구찌법 분석을 통해 제안된 최적 공정 조건에 대한 성형해석 결과를 나타 내었다. 해석결과 롤오버와 유효전단면 모두 만족할만한 결과를 나타내었다. 치수정도 평가에서 롤오버의 경우 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반경=0.005mm, 블랭크 홀딩력=1060N의 조건이 다소 우수하였고, 유효 전단면의 경우 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반 경=0.003mm, 블랭크 홀딩력=965N의 경우가 우수하였 다. 따라서, 본 연구에서는 치수정도와 롤오버를 고려하 여 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반경=0.005mm, 블랭크 홀딩력=1060N의 경우를 최적의 조건이라고 판 단하였다.



(a)

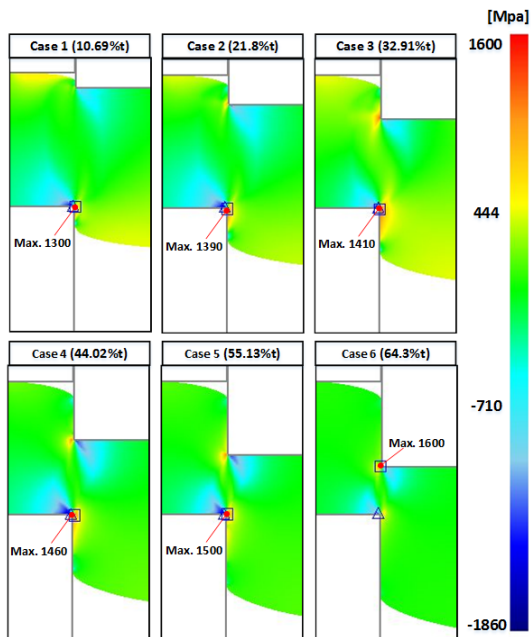


(b)

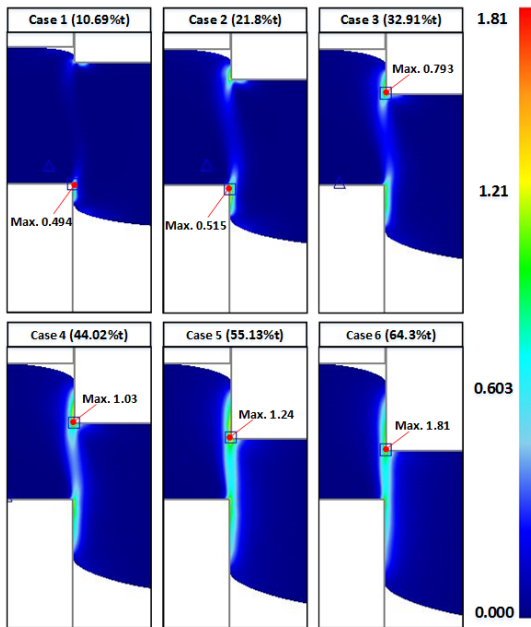
Fig. 5. Comparison of the FE-analysis results
(a) clearance=2%, punch and die radius=0.003mm, blank holding force=965N
(b) clearance=2%, punch and die radius=0.005mm, blank holding force=1060N

3.2 성형해석결과

Fig. 6(a),(b)에 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률 반경=0.005mm, 블랭크 홀딩력=1060N의 조건에서 각각 10.69%, 21.8%, 32.91%, 44.02%, 55.13%, 64.3% (0.72mm) 펀치 행정에서의 정수압응력 및 손상치 분포 를 나타내고 있다. 펀치 스트로크가 증가할수록 정수압 응력과 손상치 값이 증가하는 것을 알 수 있다. 이에 따 라, 클리어런스가 증가할수록 재료의 굽힘에 의해 실제 펀치 압입의 깊이가 감소하며, 이는 동일 펀치 스트로크 에서 전단 변형부의 소성변형률이 상대적으로 작음을 의 미하고, 균열을 유발하기 위한 임계 손상치에 도달하기 위해서는 더 많은 펀치 스트로크를 필요로 한다는 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 6. State of product cross section according to punch stroke of 0.8t
 (a) hydrostatic stress distribution
 (b) damage distribution

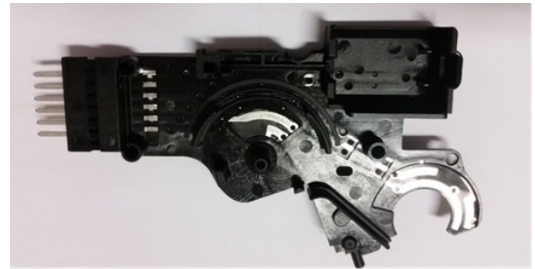


Fig. 7. Final shape of door latch connector terminal product

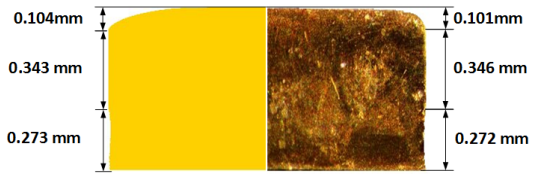


Fig. 8. State of shear band according to punch stroke of 0.8t

3.3 검증 실험

이상의 결과를 검증하기 위하여 본 연구에서 제시한 최적 설계변수에 대한 트리밍 공정 실험을 실시하여 그 타당성을 검증하였다.

Fig. 7은 동시 사출과 트리밍 공정 후의 최종 제품을 나타낸 것이다. Fig. 8은 최종제품에 대한 성형해석 및 실험에 의한 단면형상 및 치수를 비교한 것이다. 성형해석과 결과에 의한 최종제품의 단면형상이 잘 일치함을 알 수 있다. 이상의 도어 래치 제품의 전단면 품질 향상을 위한 트리밍 공정 실험을 통해 본 연구에서 제시한 최적 설계변수 적용에 대한 타당성을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 유한요소해석과 실험계획법의 직교배열을 통한 다구찌법을 이용하여 차량용 도어 래치커넥터 단자 최종 제품 전단면 품질 향상을 위한 최적 설계변수를 설정하였다. 설계 변수는 클리어런스, 곡률반경, 홀딩력이며, 초기 소재 재질은 C2600이다. 본 연구를 통하여 다음의 결론을 도출하였다.

1. 다구찌법을 이용한 SN 비 분석결과, 롤오버 영향은 클리어런스, 펀치 및 다이의 곡률반경, 블랭크 홀딩력 순으로, 유효전단면은 클리어런스, 블랭크

홀딩력, 펀치 및 다이의 곡률반경 순으로 큰 영향을 미쳤지만, 롤오버의 경우 펀치 및 다이의 곡률반경과 블랭크 홀딩력이 거의 동일한 영향도를 나타내었다.

2. 최종제품의 롤오버는 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반경=0.005mm, 블랭크 홀딩력=1060N 일 때 가장 우수한 값을 나타내었으며, 유효전단면은 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반경=0.003mm, 블랭크 홀딩력=965N의 경우가 가장 우수하였다.
3. 롤오버 및 유효전단면이 가장 우수한 두 조건에 대한 성형해석결과, 두 경우 모두 치수정도가 거의 동일하였으며, 롤오버는 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반경=0.005mm, 블랭크 홀딩력=1060N의 경우가 상대적으로 우수하였다. 따라서, 본 연구에서는 롤오버와 유효전단면을 모두 고려하여 클리어런스=2%, 펀치 및 다이의 곡률반경=0.005mm, 블랭크 홀딩력=1060N을 최적의 공정 조건으로 설정하였다.
4. 실제 트리밍 공정 실험결과 최적 조건을 적용한 경우 최종제품의 롤오버의 치수가 성형해석 결과보다 -0.003mm 감소하였으며, 유효전단면은 +0.003mm 증가하여 연구에서 제시한 최적 설계변수 적용에 대한 타당성을 확인하였다.
5. 이상의 결과로부터 차량용 도어 래치 커넥터 단자의 최종 롤오버 및 유효전단면 향상을 위한 최적화에 다구찌법을 유용하게 적용할 수 있음을 알 수 있으며, 트리밍 공정 이외의 다양한 금속성형공정에도 유용하게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] T. S. Kwak, Y.J. Kim, M. K. Seo, W. B. Bae, "The effect of V-ring indenter on the sheared surface in the fine-blanking process of pawl", J. Master. Process. Technol., Vol 143-144, pp. 656-661, 2003.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00311-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00311-X)
- [2] T. S. Kwak, Y. J. Kim, W. B. Bae, "Fine element analysis on the effect of die clearance on shear planes in fine blanking", J. Master. Process. Technol., vol. 130-131, pp. 462-468, 2002.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)00767-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136(02)00767-7)
- [3] Y. J. Kim, T. S. Kwak, W. B. Bae, "Finite element analysis on effect of die clearance on shear planes in fine blanking", J. Kor. Soc. Technol. Plast, vol. 9, no. 2, pp. 40-44, 2000.
- [4] J. D. Kim, J. J. Kang, H. K. Kim, S. K. Hong, B. J. Kim, "A progressive fine blanking process design for forming of carrier plate", J. Kor. Soc. Technol. Plast., vol. 14, no. 3, pp. 207-214, 2005.
- [5] D. H. Ko, D. C. Ko, Y. N. Kwon, S. W. Kim, H. S. Lee, E. S. Park, B. M. Kim, "FE-simulation of hub clutch in vehicle transmission by roll die forming process", Annuals Spring Conf. of Kor. Soc. Tech. Plast., pp. 35-38, 2010.
- [6] B. S. Kang, C. W. Kim, "The Effect of a Radius of Curvature and Coefficient of Friction Applied to Contact Pressure and Stress in the Sliding Core", of Kor. Soc. Tech. Plast., pp. 1313-1318, 2006.
- [7] J. H. Lee, W. J. Jung, J. H. Kim, "Influence of Drawing Speed and Blank Holding Force in Rectangular Drawing of Ultra Thin Sheet Metal", Transactions of Materials Processing, vol. 21, no. 6, pp. 348-353, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5228/KSTP.2012.21.6.348>
- [8] J. W. Sim, Y. T. Kim, "Effects of Blank Holding Force on the Friction Behavior in Sheet Metal Forming", Transactions of Materials Processing, vol. 16, no. 5, pp. 381-385, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5228/KSPP.2007.16.5.381>
- [9] Press Mould Design. Shearing work Clearance, <http://m.blog.naver.com/dhghtjrdl/220716711915>, May., 23, 2016.
- [10] K. H. Min, S. R. Bee, B. B. Hang, D. H. Jang, "Influence of Punch Nose Radius on the Surface Expansion.", Transactions of Materials Processing, vol. 16, no. 8, pp. 528-589, 2007.
- [11] J. H. Lee, W. J. Chung, J. H. Kim, "Influence of Drawing Speed and Blank Holding Force in Rectangular Drawing of Ultra Thin Sheet.", Transactions of Materials Processing, vol. 21, no. 6, pp. 348-353, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5228/KSTP.2012.21.6.348>
- [12] D. C. Ko, D. H. Kim, B. M. Kim, "Application of Artificial Neural Network and Taguchi Method to Perform Design in Metal Forming Considering Workability", Int. J. Mach. Tools Manufact., vol. 39, pp. 771-785, 1999.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0890-6955\(98\)00055-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0890-6955(98)00055-8)
- [13] J. K. Kim, "An Experimental Study on the Optimum Design of Sirocco Fan by Using Taguchi Method", Trans. of the KSME, vol. 23, no. 6, pp. 761-768, 1999.
- [14] P. J. Ross, Taguchi Techniques for Quality Engineering: loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design, McGraw-Hill, 1999.

이 중 현(Jung-Hyun Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 계명대학교 기계자동차공학과 (공학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 일반대학원 기계공학과 재학중 (공학석사)

<관심분야>

자동차 전자장치, 자동차 일반

이 경 훈(Kyung-Hun Lee)

[정회원]



- 2007년 2월 : 부산대학교 기계공학부 (공학사)
- 2013년 2월 : 부산대학교 기계공학부 (공학박사)
- 2013년 3월 ~ 2015년 8월 : PNU-IFAM Joint Research Center 연구교수
- 2015년 9월 ~ 현재 : 한국해양대학교 해사대학 기관공학부 조교수

<관심분야>

기계편집학, 소성가공, 금형설계

이 선 봉(Seon-bong Lee)

[정회원]



- 1993년 1월 ~ 2005년 4월 : 대우정밀(주) 기술연구소 수석연구원
- 2004년 2월 : 부산대학교 대학원 기계공학 (공학박사)
- 2005년 5월 ~ 2007년 2월 : 대구경북과학기술원 지능형자동차 연구팀장
- 2009년 11월 ~ 2015년 2월 : 지능형자동차부품진흥원 원장
- 2007년 3월 ~ 현재 : 계명대학교 기계자동차공학과 교수

<관심분야>

자동차 전자장치, 자동차 일반