

셰이빙 정밀도 향상을 위한 예비전단 가공에서의 가공여유와 틈새의 영향

오솔길[†] · 조대일[†] · 강병두[†] · 김종호^{††}

서울산업대학교 금형설계학과

(2008. 3. 13. 접수 / 2008. 5. 23. 채택)

Influence of shaving allowance and clearance in pre-shearing process for improving shaving accuracy

Sol-Kil Oh[†] · Dae-il Jo[†] · Byung-Du Kang[†] · Jong-Ho Kim^{††}

Department of Mold & Die Design, Seoul National University of Technology

(Received March 13, 2008 / Accepted May 23, 2008)

Abstract : Shaving in sheet metal forming is defined as a finish process to make the sheared surface clean which was blanked or pierced in the previous shearing stage. In this study the new shaving technique is applied to the progressive operation. The specimen is automatically fed by continuous movement of the strip. Which improve the positioning accuracy higher. For this study a square part which consist of blanking and piercing is selected for investigation and the progressive die which includes pre-piercing, pierce-shaving, half-blanking and blank-shaving etc is prepared for specimens of steel sheet(SPCC) and aluminum alloy sheet(AL5052). Experiments are carried out for several working variables such as shaving allowance, pre-shearing clearance and relative half-blanking depth. Consequently it was confirmed that the shaving by progressive die can be successfully employed to produce the clean parts requiring shaving process and optimum working conditions for shaving SPCC and AL5052 sheet metal are shaving allowance of 0.2mm(1.3% of thickness) and pre-shearing clearance of 5%.

1. 서 론

현대 산업의 발달함에 따라 가공제품이 깨끗하고 정밀한 전단면이 요구되고 있는데 이를 위한 정밀 전단의 가공 방법으로 파인블랭킹과 셰이빙등의 방법이 있다. 파인블랭킹 방법은 비교적 제품이 크거나 1행정의 단발공정으로 이루어지며 다이쿠션 등을 포함하여 프레스기계장치가 고가이며 초정밀도를 유지하기 위한 금형제작기술의 고난이도와 더불어 제작비용이 많이 든다.

또한 제품의 소형화에 따라 한 개의 제품 내에 여러 개의 밀접한 구멍들이 구성되어 있어 펀치 및 다

이의 파손이 우려되어 부득이하게 파인블랭킹의 방법으로 할 수 없는 경우가 많으며 실제 현장에서 적용하기 쉬운 일반적인 방법으로 기계식 프레스를 사용하여 정밀한 전단면을 얻는 방법이 셰이빙 가공 공정이다.

셰이빙의 기본원리는 1차 전단가공(피어싱 또는 블랭킹)후에 셰이빙 가공을 하는 것으로 이 경우에 후 가공을 하기위한 위치결정이 어렵고 단발공정이 수작업에 의해 이루어지기 때문에 대량생산에는 부적합하다.

일반절삭가공의 셰이빙 가공법은 셰이빙머신에 의해 이루어져 있으나 금형에서의 셰이빙 방식은 틈새가 적을수록 단면의 형태가 아름답다는 것에 착안하여 1차블랭킹 후 2차 후가공의 절삭형태의 셰이빙 가공이 발전을 거듭하여 썬미 프로그레시브다이의 형태를 이르게 되었다. Mekar^[1]는 치형형상의 공

^{††} To whom correspondence should be addressed.

jhkim365@snut.ac.kr

[†] To whom correspondence should be addressed.

cat3800@hanmail.net

구에 의한 경질재료의 세이빙에 대한 연구를 하였다. Kondo^[2] 등은 대향라이스에 대한 전단의 변형 능력에 대하여 실험을 통해 연구를 하였고 또한 전단하중 및 만곡에 대하여 실험 고찰하였다. Hirota^[3] 등이 펀치 날 끝 부에 단을 붙인 간이 정밀 전단법을 고안하여 여러 종류의 재료와 후판에 적용할 수 있는 방법을 연구하였다.

이를 보완하기 위해 지난 연구^[4]에서의 세이빙은 프로그레시브타입으로 하나의 금형 내에서 1차 전단가공에 해당되는 예비 전단가공과 후 가공에 해당되는 세이빙 가공을 하나의 금형 내에서 연속적으로 진행하는 방법으로 예비피어싱 작업 후 피어스세이빙을 하며 블랭킹의 경우는 하프블랭킹 후 블랭크 세이빙을 하는 방식이다. 따라서 앞의 연구내용은 피어스세이빙과 블랭크 세이빙에 비중을 두고 여러 가지 가공여유량과 세이빙 공정에 맞는 틈새변화를 실험적으로 조사하였다. 그 자료를 기초로하여 본 연구에서는 예비피어싱과 하프블랭킹에서의 가공여유량과 이에 따른 틈새 변화의 효과를 조사하고 최대의 유효전단면을 나타내는 작업조건을 조사하고자 한다. 또한 기존의 냉간압연강판(SPCC)소재 이외에 알루미늄합금(AL5052)에 대한 실험을 통해 재질별 차이점에 대해서도 조사한다.

2. 실험

2.1. 실험재료

실험에 사용한 재료는 1.5mm 두께의 냉간압연강판(SPCC)과 알루미늄합금(AL5052)을 사용하며 이에 대한 기계적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1. Mechanical properties of specimens

Material	Thick-ness (mm)	Tensile strength (N/mm ²)	Elonga-tion (%)	Hard-ness (HV)
SPCC	1.5	270	39	105
AL5052	1.5	195	25	82

2.2 제품 및 공정설계

실험대상의 제품은 Fig. 1에서와 같이 중앙에 원형 구멍이 있는 사각제품이다. 또한 이 제품을 전단하기 위한 프로그레시브 작업의 공정도가 Fig. 2에 주어져 있으며 이를 위한 금형이 Fig. 3에 나타나 있다.

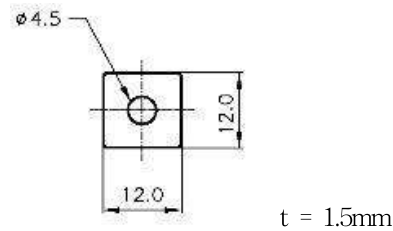


Fig.1 Sample specimen

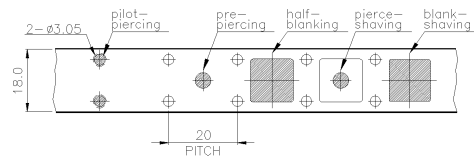


Fig.2 Strip layout for progressive die

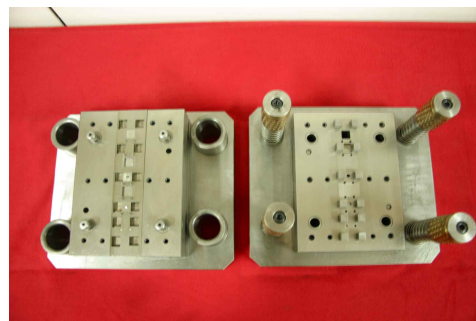


Fig.3 Progressive die for experiment

2.3 실험방법

예비 피어싱 공정은 Table 2와 같이 제품구멍치수 $\phi 4.5\text{mm}$ 를 기준으로 편측의 세이빙 가공여유(Δa)를 적용하여 예비 피어싱 펀치를 각각 4경우 ($\phi 4.3, \phi 4.1, \phi 3.5, \phi 3.0\text{mm}$)로 하고 여기에 다이틈새 (2, 5, 8, 10%)를 적용하여 각각 다이인서트를 가공한 후 피어스 세이빙 공정에서 다이틈새를 기존의 결과^[4]를 사용하여 틈새를 1.3%로 고정시키고 실험을 수행하였다.

블랭크 셰이빙 공정도 피어싱 에서와 마찬가지로 틈새를 1.3%로 고정시키고 최적의 작업조건을 찾고자 하였다. 이를 위한 전단계 하프 블랭킹 작업은 전단 과정 중 크랙이 발생하지 않아야 하며, 셰이빙 가공성을 향상시키기 위해선 셰이빙 가공여유량을 최소화시키는 것이 중요한데 이를 위해 먼저 Table 3에서와 같이 하프 블랭킹의 침입깊이에 따른 크랙 발생위치를 조사하고, 그 다음에 예비 피어싱의 실험결과를 활용하여 Table 2 에서와 같이 하프 블랭킹의 틈새 변화와 가공여유량 변화에 따른 유효전단면의 비율을 조사하였다.

시편의 측정은 각각의 시료를 20개씩 채취하여 시편의 중심면을 와이어 커팅기로 절단하여, 배율 100배의 공구현미경으로 유효전단면 비율을 측정하였고, 시편 20개에 대한 평균값을 대표값으로 하였다. 또한 하프 블랭킹 깊이에 따른 크랙 발생 위치도 공구현미경을 사용하여 관찰하였다.

Table 2 Experimental condition for both prepiercing and half-blanking

Shaving allowance (Δa , mm)	Clearance (C_1 , %)	Clearance in blank-shaving(C_2 , %)
0.1	2	1.3
0.2	5	
0.5	8	
0.75	10	

Table 3 Experimental condition for investigation of crack occurrence

Realative half-blanking depth ($h = \Delta t / t \times 100$)	Remarks
64, 70, 77 %	$\Delta a : 0.2\text{mm}$ $C_1 : 2, 5, 8, 10\%$

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 피어싱 셰이빙 실험

피어싱 실험에서 셰이빙 가공여유(Δa)와 틈새의 변화에 따른 SPCC 재료의 유효전단면 분포가 Fig. 4 에 주어져있다. Δa 가 0.2mm에서 거의 100%의 유효

전단면을 얻을 수 있었지만 Δa 가 0.1mm의 경우 가공여유량이 너무 적으면서 위치결정 정밀도가 정확하지 않을 경우엔 일부 파단면이 잔존하는 현상이 발생되었다.

반대로 Δa 가 0.5mm이상으로 큰 상태에서 전단가공이 이루어지면 재료두께의 약20~40%의 광범위한 파단면이 형성되는 것을 관찰하였다.

최대유효전단면을 실용적으로 구현할 수 있는 작업 조건으로는 $\Delta a = 0.2\text{ mm}$, 예비 피어싱 틈새 5%인 것으로 나타났으며, 이때 셰이빙 될 수 있는 최대 유효전단면이 91%로 나타났으며 AL5052의 경우엔 Fig. 5에서와 같이 89%인 것으로 나타났다.

Fig. 6는 틈새와 셰이빙 가공 여유변화에 따른 각 재료별 실험시편의 전단면 상태를 보여주고 있다.

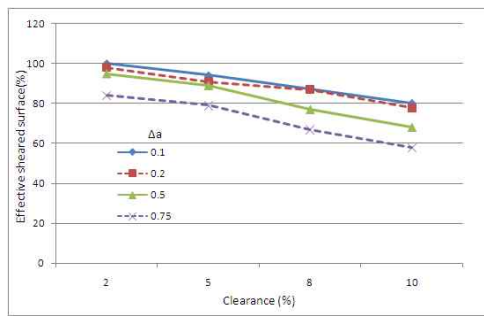


Fig. 4 Comparison of effective sheared surface for the change of clearance and shaving allowance (SPCC)

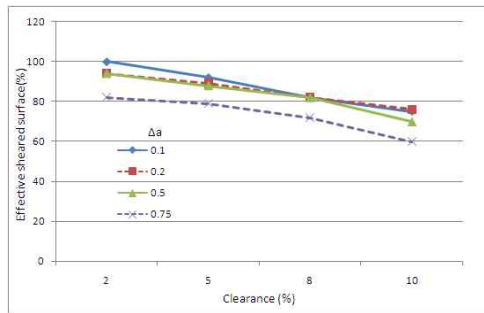


Fig. 5 Comparison of effective sheared surface for the change of clearance and shaving allowance (AL5052)

3.2. 블랭크 셰이빙 실험

하프블랭킹 실험에서는 깊이에 따른 crack 형성

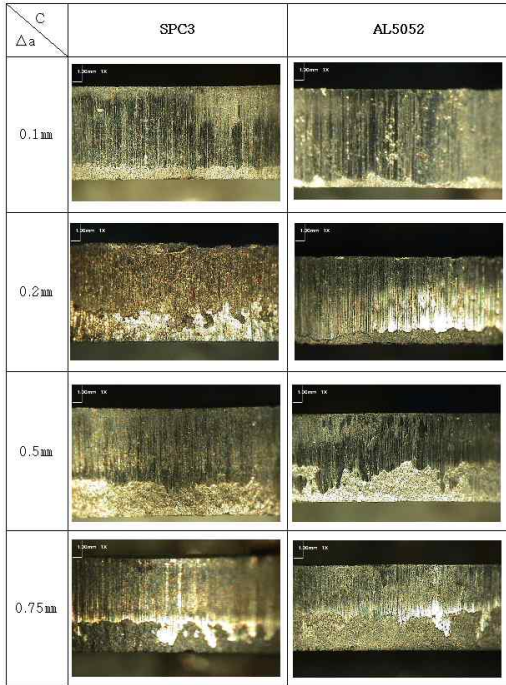


Fig. 6 Comparison of sheared surface after pierce-shaving ($C_1=5\%$, $C_2=1.3\%$)

과정과 이에 따른 틈새 변화량을 통하여 유효전단면이 형성되는 것을 재료별로 실험을 통하여 관찰을 하였다.

하프 블랭킹의 깊이를 통하여 파단이 시작하거나 파단이 완료되는 깊이를 3단계로 나눠 실험을 한 결과, SPC3 강판은 재료두께의 77%에서 AL5052 합금은 재료 두께의 70%에서 Fig. 7에서와 같이 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 이보다 더 큰 친입깊이에서 블랭크 셰이빙 작업을 하면 거의 100%에 가까운 유효전단면을 얻을 수 있으나 스크랩으로부터 분리되기 때문에 소재의 연속이송에 문제가 발생되어 본 실험에서는 프로그레시브 연속작업을 하면서 블랭크 셰이빙 공정을 위해서는 하프 블랭킹 깊이를 SPC3의 경우엔 70%, AL5052의 경우엔 64%로 유지하면서 실험하였다.

블랭킹 실험에서 셰이빙 가공여유(Δa)와 틈새의 변화에 따른 SPCC 재료의 유효전단면 분포가 Fig. 8에 주어져있다. Δa 가 0.2mm에서 거의 100%의 유효전단면을 얻을 수 있었지만 Δa 가 0.1mm의 경우 가공여유량이 너무 적으면서 위치결정 정밀도가 정

확하지 않을 경우엔 일부 파단면이 잔존하는 현상이 발생되었다.

반대로 Δa 가 0.5mm이상으로 큰 상태에서 전단 가공이 이루어지면 재료두께의 약20~40%의 광범위한 파단면이 형성되는 것을 관찰하였다.

최대유효전단면을 실용적으로 구현할 수 있는 작업조건으로는 $\Delta a=0.2$ mm, 예비 피어싱 틈새 5%인 것으로 나타났으며, 이때 셰이빙 될 수 있는 최대 유효전단면이 91%로 나타났으며 AL5052의 경우엔 Fig. 9에서와 같이 89%인 것으로 나타났다.

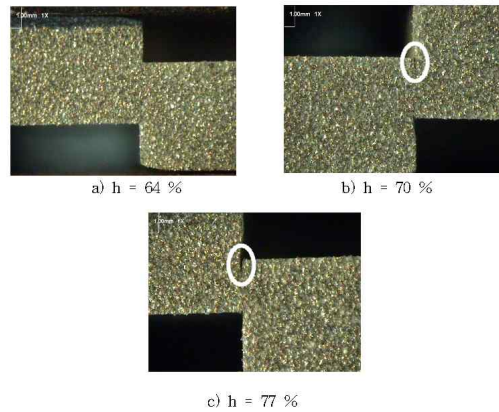


Fig. 7 Investigation of crack occurrence according to half-blanking depth(AL5052)

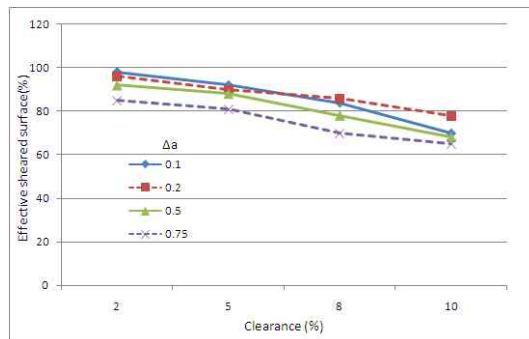


Fig. 8 Comparison of effective sheared surface for the change of clearance in blank-shaving (SPCC)

4. 결론

본 연구에서는 피어싱이 포함된 사각 블랭크 제품을 셰이빙 하기위해 프로그레시브 작업으로 예비피어싱과 하프블랭킹을 1차 작업한 후 각각의

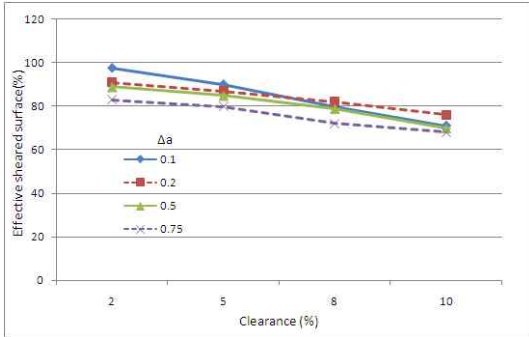


Fig. 9 Comparison of effective sheared surface for the change of clearance in blank-shaving (AL5052)

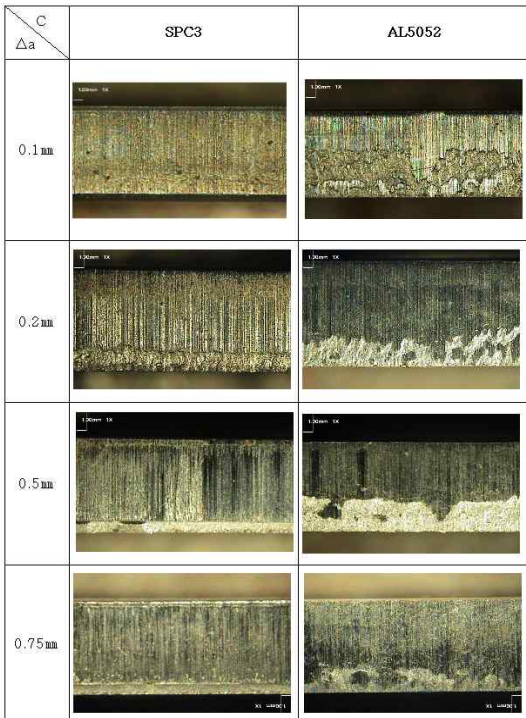


Fig. 10 Comparison of sheared surface after blank-shaving ($C_1=5\%$, $C_2=1.3\%$)

셰이빙 공정을 통해 제품의 유효전단면 비율을 2 종류의 소재에 대해 실험적인 연구를 수행하였으며 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 피어싱 가공의 셰이빙 작업을 하기 위한 작업조건으로 냉간압연강판의 경우는 예비피어싱의 틈새는 5%, 피어스 셰이빙 공정에서의 가공여유(Δa)가 0.2mm, 틈새가 1.3%이었으며 이때의 알루미늄 합금의 경우에는 냉간압연강판과 동일한 유효 전단면은 89%로 나타났다.

2. 하프 블랭킹 공정에서 크랙이 발생하는 상대침입 깊이는 알루미늄(AL5052)의 경우 소재두께의 70%(침입깊이 1.1mm)에서, 냉간압연강판(SPC3)의 경우에는 소재두께의 64%(침입깊이 1mm)일 때 인 것으로 나타났다.
3. 블랭킹 가공의 셰이빙 작업을 하기 위한 작업조건으로 냉간압연강판의 경우는 하프블랭킹의 틈새는 5%, 블랭크 셰이빙 공정에서의 가공여유(Δa)가 0.2mm, 틈새가 1.3%이었으며 이때의 알루미늄 합금의 경우에는 냉간압연강판과 동일한 유효 전단면은 87%로 나타났다.

참고문헌

- [1] S. Mekaru, "Fine Cutting of Hard Material with Trapezoidal Single-side cutting Edged Tool", JSTP, Vol.23, No.254, pp.225~231, 1982.
- [2] K. Kondo, T. Lwama and K. Ohishi, "Formability of the sheared Surface by Opposed Dies Shearing Process and Its Utilization", JSTP, Vol.23, No.262, pp.1058~1065, 1982.
- [3] K. Hirota, K. Kondo and K. Maeda, "Development of a Simple Precision Shearing Process for Thick Plates", JSTP, Vol.35, No.386, pp.67~72. 1996.
- [4] 황규복, 서유경, 김종호, 프로그레시브금형에 의한 사각제품의 셰이빙 정밀도 향상연구, 2006년 한국 소성 가공 학회 금형가공 심포지엄, pp. 154~158