

탄소공구강의 전단설계 변수에 따른 특성 상관관계 연구 (II)

류기룡^{†1} · 노현철² · 송재선² · 박춘달² · 윤일채²

(주)세창, (재)대구기계부품연구원

A Study of Characteristic correlation go after the variable of shear process design for Carbon Tool Steel (II)

Gi-Ryoung Ryu^{†1} · Hyun-Cho Ro² · Jae-Son Song² · Chun-dal Park² · Il-chae Youn²

Sea-Chang Ltd, Daegu Mechatronics & Material Institute

Abstract : The sheet metal forming proceccing is very important and indispensible in the automotive industry because the accuracy of prsee worked parts is directly related to the automotive quality. But when making mold it is difficult and expensive to modify mold . mold design technology is a critical technology in press plastic working. When design the mold there are lots of variables in press plastic working according to worked material, mold materials, conditions of heat treatment, clearance and so on. Abrasion of mold depends on these kind of conditions and sheared surface which is crucial for quality of product also depends on them.

In this study, we conduct research on abrasion loss of mold according to 8, 10 and 12% of clearance for thickness of 1.0mm of worked material out of mold design variables of the products whose worked materials are high carbon steel and carbon tool steel by a practical experiment and perform a comparative evaluation of difference of abrasion loss mold with the alloy tool steel (STD11) and Tungsten Carbide (WC)

Key Words : Press Mold, Carbon Tool Steel, Shear Force, Clearance , Thrust Washer

1. 서 론

관재 성형가공분야 중에서 아주 중요하고 자동차 산업에선 없어서는 안 되는 프레스 금형 분야에서 프레스 부품의 품질정도는 자동차 품질과 직결되는 부분이다. 그러므로 프레스 금형에 대한 관심도가 매우 높으며 프레스 금형은 제작 중에 문제를 알게 되더라도 수정이 어렵고, 또한 수정을 하더라도 이에 따른 시간과 비용이 많이 소모되므로, 금형의 초기 제작 단계인 공법설계 단계에서부터 철저한 분석과 해법 모색으로 제작 중의 문제를 극소화 할 수 있는 방법을 찾아왔다.[1]

이러한 프레스 소성가공의 특징은 제품에 따라 개별 금형의 제작이 선행되어야 한다는 것이며, 금형의 제작 요건에 따라 가공속도나 제품 품질에 큰 영향을 미치게 된다. 블랭킹(Blanking) 금형 설계에는 피가공재, 금형 재료, 간격(Clearance), 열처리 조건 등의 많은 변수들이 존재하며, 이러한 조건에 따라 제품의 품질에 결정적인 역할을 하는 전단면의 특성이 결정된다.

다양한 프레스 생산 제품 중에서 자동차 부품들의 체결에 사용되는 본 연구에서 다루게 될 스러스트 와셔(Thrust Washer)의 경우 프레스 가공, 특히 블랭킹에 의해 제조된다. 이러한 와셔는 볼트 및 너트의 풀림 방지 역할이나 볼트에 받는 압력을 분산시켜 주는 등의 역할을 하기 위하여 일반적으로 연강을 사용하여 제작하는 기계요소의 일종이며, 자동

[†] Gi-ryoung Ryu Sea-Chang Ltd.

rgr1870@hanmail.netr

접수 : 2012. 06. 27. 채택 : 2012. 11. 16.

차, 선박 등 거의 모든 산업분야에서 사용되고 있으며, 따라서 그 크기뿐만 아니라 종류도 매우 다양하게 제작되고 있다. 하지만 이들 스러스트 와셔 중 일부는 상대품과의 거리조절을 위하여 탄성을 요구하거나, 구동부 등에서 마찰에 의한 마모손상을 줄이기 위하여 내마모성이 요구된다. 이러한 스러스트 와셔는 제품 성능을 만족하기 위해 높은 경도가 요구되며, 이를 위하여 고탄소강 혹은 탄소공구강의 재질을 사용하여 프레스 블랭킹 가공 후 열처리나 특수표면처리 공정도 필요로 하는 경우가 있으며 고도의 정밀도를 요구한다.

현재 국내 중견기업들의 일반적인 금형 설계기술은 일본, 독일 등의 프레스 원천기술 보유국들과 큰 차이가 없는 것으로 보이나 정밀 고속 프레스, 서보 프레스, 고강성 정밀프레스 등 고부가가치 프레스를 이용하고 특수한 소재를 사용하는 정밀 금형 설계 기술의 경우 아직까지 기술격차가 있는 것으로 판단 된다. 국내에서도 정밀성형 기술력의 향상을 위하여 선행연구가 실시되어 업계 전반에 걸쳐서 다양한 노하우가 축적하고 있으나 아직까지 탄소공구강 프레스 가공을 위한 연구가 미흡하고 이에 따른 정보공유가 미흡하여 금형설계 기술표준 설정이 어려워 그 제작에 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다.

전단공정에 대한 연구와 관련하여 [2] Ko 등은 유한요소법을 이용 전단가공시 금형 인부에 발생하는 마멸에측에 관해 연구하였으며 [3] Shin 등은 정밀금형의 설계인자가 박판 전단 가공에 미치는 영향을 연구하였다, [4] Lee 등은 전단 간격(Clearance)을 변수로 하여 그 전단시 발생할 수 있는 유효응력을 분석을 통하여 그 특성을 연구하였고, [5] Lee 등은 파인블랭킹(Fine Blanking)공정에서 전단면에 미치는 변수를 연구하였으며, [6] Kim 등은 탄소공구강을 이용한 프레스 부품 가공시 전단력 인자에 관한 연구를 하였다,

최근 자동차의 고성능 고기능화에 따라 내구성이 우수한 탄소공구강을 응용한 제품의 사용량이 늘어나고 있다. 그러나 현재 탄소공구강 가공에 따른 변수 및 금형소재에 따른 폭 넓은 데이터가 축적되지 못하여 금형의 설계에 있어 주로 기존 금형제작자의 경험치에 의존하여 금형을 개발하는 수준에 머무르고 있다.

따라서 탄소공구강 가공시 금형소재별 금형의 간격(Clearance)에 대한 연구등을 통해 최적화된 금형설계를 실시 하고 이에 따른 금형 보수 시간을 줄임

으로서 생산성을 향상하여 제품의 원가경쟁력 향상이 반드시 필요하다.

2. 실험

2.1. 실험방법

2.1.1 측정제품 설정

본 연구에서는 실험 제품으로써 자동차 변속기에서 많이 사용하고 있는 Fig. 1 과 같은 스러스트 와셔(Trust Washer)를 기준으로 블랭킹 금형을 합금공구강 (STD11)과 초경(WC)으로 제작하고 각 간격(Clearance), 전단가공 실험을 진행할 계획이다. 스러스트 와셔는 SK5M을 원재료로 하는 탄소공구강이며, 일반적인 원형 와셔보다 가공이 어려운 형상을 가진다. 탄소공구강이란 불순물이 적은 0.60~1.50% 정도의 탄소를 함유한 강을 일컫는다. 이는 담금질로써 강도와 경도를 개선하고, 뜨임(Tempering)에 의해 적당한 점성 강도를 부여한다.

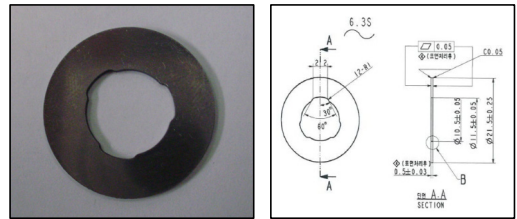


Fig. 1. The Figure of Trust Washer and Drawing

2.1.2 측정제품 설정

간격(Clearance)은 다음식에 의해 계산이 되며 각 변수 값은 Fig. 2 와 같다.

$$C(mm) = \frac{D-d}{2} = t \cdot \frac{c(\%)}{100} \longleftrightarrow C(\%) = \frac{D-d}{2t} \cdot 100$$

$$D-d = \frac{2 \cdot t \cdot c(\%)}{100} \longleftrightarrow D = d + \frac{2 \cdot t \cdot c(\%)}{100}$$

C(mm 혹은 %) : 편측클리어런스

D : 다이홀 지름(mm)

d : 펀치 지름(mm)

t : 가공 소재의 두께(mm)

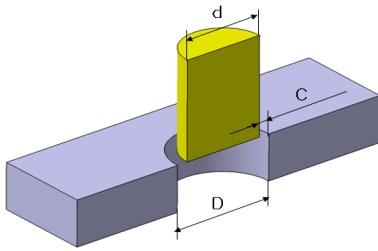


Fig. 2. The Figuration of Clearance

2.1.3 실험시 고정인자와 가변인자

1) 고정인자

(1) 프레스

- ① 45 TON PRESS
- ② SPM (Stroke Per Minute) : 110

(2) 금형

- ① 금형형식 : 콤파운드 금형

(3) 피가공재 및 샘플 채취

- ① 피가공재재질 : SK5M (Hv200~240)
- ② 제품명 : Thrust Washer
- ③ 금형별 제품 타수 : 0~100,000타
- ④ 샘플 채취 : 10,000타별 20EA

(4) 측정 방법 : 형상측정기

2) 가변인자

- (1) 금형 간격(Clearance) : 8%, 10%, 12%
- (2) 원재료 두께: 1.0 mm
- (3) 금형 소재 : 합금공구강, 초경

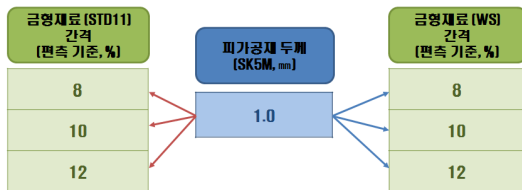


Fig. 3. The Schematic of a variable

2.2. 금형 타발 및 마모도 측정 방안

본 연구의 핵심인 각 금형재질별, 간격(Clearance) 별 블랭킹 금형 타발 진행에 따른 금형의 마모도 측정이다. 금형 마모도의 경우 스러스트 와셔(Trust Washer)는 프레스에서 100,000타 이상을 진행하였을 경우 제품의 불량률이 나타남을 인식하는 바, 100,000 타 기준으로 하여 타발 전·중·후로 나누어 금형의 마모도를 비교한다. 이는 간극과 제품 두께별로 비교·분석하며 금형의 마모도를 확인하기 위하여

본 연구에서는 제품과 상부금형, 제품과 하부금형이 직접적으로 만나는 피어싱펀치, 피어싱다이, 블랭킹다이의 마모도를 측정한다. 또한 측정 포인트로서 상부 금형인 피어싱펀치와 블랭킹다이에 각 2점(Point), 하부금형인 피어싱 다이에 4점(Point)으로 Fig. 4 와 같이 설정한다.

측정 방식은 형상측정기를 이용하여 상기 포인트의 금형형상을 측정하고 이를 각 타발수에 따른 금형형상 측정결과를 CAD프로그램을 이용하여 마모량을 폐곡선으로 표현하고 그 면적을 확인하였다

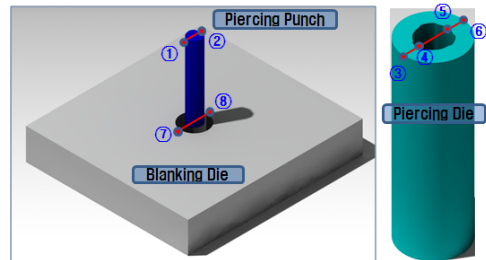


Fig. 4. The measurement points of Abrasion

3. 실험결과 및 분석

3.1. 실험결과 (포인트별 마모변화량 측정값)

합금공구강(STD11)을 금형재료로 사용한 실험결과 DATA 표기는 두께별, 간격별, 측정포인트 순서이다. 특히 측정포인트에서 P1, P2는 피어싱 펀치이고, P3, P4, P5, P6은 피어싱 다이이며, P7, P8은 블랭킹 다이로서 간극 8%, 10%, 12%의 포인트별 측정을 하였고 대표적인 값 P1, P4에서 0, 10,000타의 금형형상 측정 결과는 다음 Fig. 5, 6, 7과 같다.

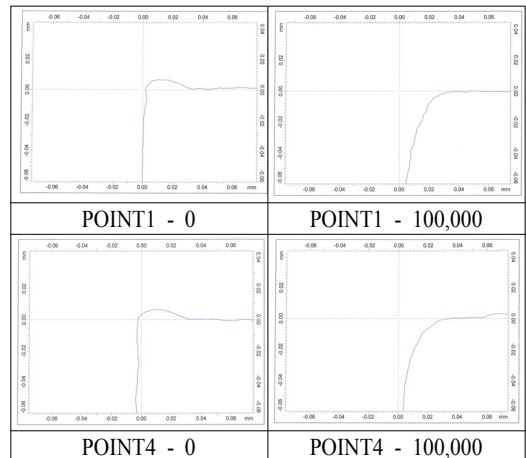


Fig. 5. The Comparison of Abrasion (STD11, Clearance : 8%)

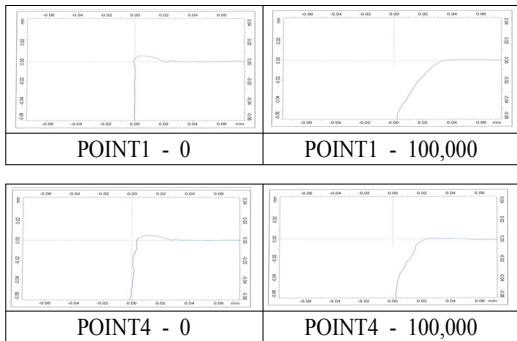


Fig. 6. The Comparison of Abrasion (STD11, Clearance : 10%)

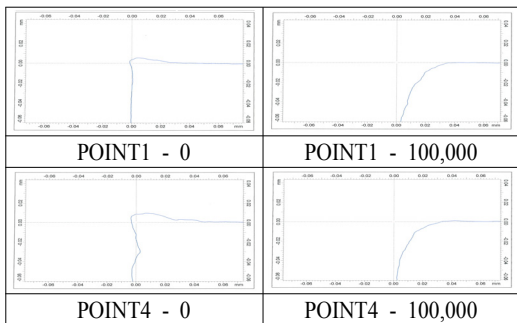


Fig. 7. The Comparison of Abrasion (STD11, Clearance : 12%)

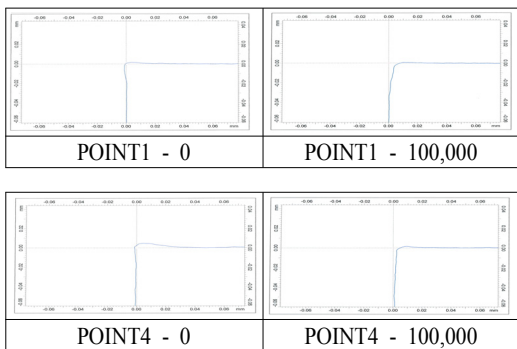


Fig. 8. The Comparison of Abrasion (WC, Clearance : 8%)

초경(WC)을 금형재료로 사용한 실험결과 DATA 표기는 두께별, 간격별, 측정포인트 순서이다. 특히 측정포인트에서 P1, P2는 피어싱 펀치이고, P3, P4, P5, P6은 피어싱 다이이며, P7, P8은 블랭킹 다이로서 간극 8%, 10%, 12%의 포인트별 측정을 하였고 대표적인 값 P1, P4에서 0, 10,000타의 금형형상 측정 결과는 다음 Fig. 8, 9, 10과 같으며 간격 12%일 경우 12,000타에서 Fig. 11 같이 금형에 파손이 발생하였다.

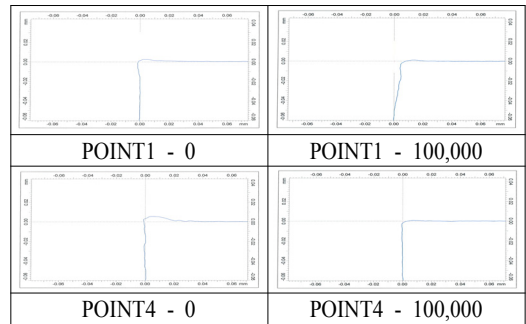


Fig. 9. The Comparison of Abrasion (WC, Clearance : 10%)

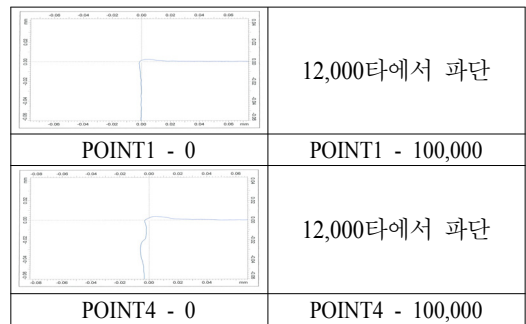


Fig. 10. The Comparison of Abrasion (WC, Clearance : 12%)

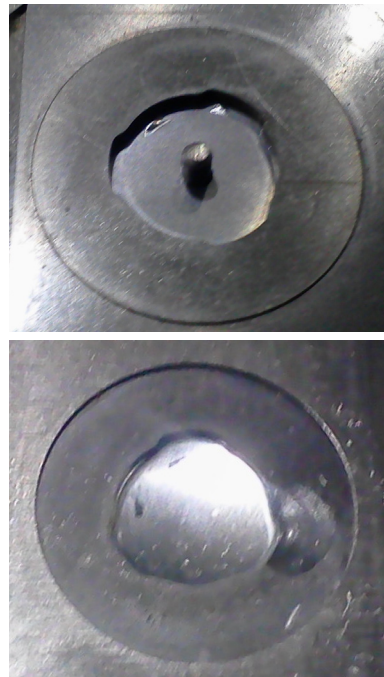


Fig. 11. The Figure of die fracture (WC, Clearance : 12%)

형상측정기에서 금형을 측정 한 후, 소프트웨어를 통하여 기준점에서 1000X1000 배율로 확대하였으며, 이 때 한 눈금의 단위는 0.002 μ m이다. DATA 출력 후 스캔을 통하여 JPG 파일로 변환하였으며, 각 포인트별 0타, 50,000타, 100,000타의 DATA를 오버랩하였다. 또한, 금형의 마모 측정을 위하여 JPG 파일을 PNG 파일로 변환한 후, CAD로 불러들여 마모량에 해당하는 선을 폴리선으로 그려 면적을 구하였다. 최초 0타의 금형을 측정 한 결과, 기준선을 벗어나는 면적은 DATA에서 제외하였다

3.2 결과분석 (포인트별 마모변화량 측정값)

분석결과 마모 평균값은 평균값은 Tab. 1,2 와 같으며 마모 평균값은 최대 최소값을 제외한 산술 평균값이다.

Fig. 12, 에서 알 수 있듯이 피가공재 두께 1.0mm의 경우 타수가 증가함에 따라 마모 평균값이 증가함을 보였고 타수 증가에 따라 합금공구강에 비해 초경재의 마모 평균값 증가율이 낮음을 확인 할 수 있었다.

Table 1. The result of Abrasion ratio (STD11) (단위 mm²)

간격(%)	타수	마모 평균값
8	0	0.00000
	50,000	0.00048
	100,000	0.00070
10	0	0.00010
	50,000	0.00043
	100,000	0.00078
12	0	0.00005
	50,000	0.00043
	100,000	0.00065

Table 2 The result of Abrasion ratio (WC) (단위 mm²)

간격(%)	타수	마모 평균값
8	0	0.00000
	50,000	0.00008
	100,000	0.00015
10	0	0.00000
	50,000	0.00004
	100,000	0.00006
12	0	금형 파손으로 인해 측정 불가 (타수 18,000에서 금형파손)
	50,000	
	100,000	

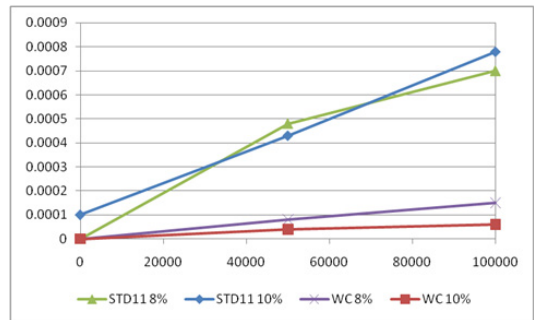


Fig. 12. The Average of Abrasion ratio (WC)

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 탄소공구강의 프레스 소성가공에서 전단 가공에 대해 금형 소재에 따른 금형의 마모량을 확인하였으며 그 마모량을 타수 별로 분석함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 타발이 진행됨에 따라 금형 마모량의 증가를 확인할 수 있었으며, 간격 8~12% 사이에서는 합금공구강에 비해 초경재의 마모 평균값 증가율이 현저히 낮음을 확인 할 수 있었다.

(2) 금형 소재로 초경재를 사용 전단 가공시 간격이 타발수 증가에 따라 합금공구강에 비해 금형 마모량은 작으나 간격이 12%인 경우 전단시 발생하는 충격에 의해 금형에 파손이 발생 할 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

후 기

본 연구는 (재)대구테크노파크가 지원하고 있는 융합기술 기초 R&D 지원사업을 통하여 수행 중이며 이에 관계자 여러분들께 감사 말씀을 올립니다.

참고문헌

- 1) 박희철, 프레스 산업 경쟁력 조사, 한국공작기계공업협회, 2009, pp.25~28
- 2) 고대철 김병민 유한요소법에 의한 전단가공 금형의 마멸예측 한국정밀공학회지 제 16권 제1호 pp.174~181 홍길동, 김길동, 1999, 논문제목, 한국소성가공학회지, 제99권, 제99호, pp. 149~150. 바탕체 9pt.
- 3) 신용승, 김병희, 김현영 정밀금형의 설계인자가

- 박관 전단가공특성에 미치는 영향, 한국정밀공학회 2001년 추계학술대회논문집 pp.523~526
- 4) 이선봉, 정성제, 전영학, 김병민 정밀전단가공에서 소재특성에 관한 연구 한국정밀공학회 2002년 추계학술대회 논문집 pp.296~299
 - 5) 이춘규, 파인블랭킹 공정에서 전단면에 영향을 미치는 요소에 관한 연구, 석사학위 논문, 2008
 - 6) 김은경, 이대섭, 배순곤, 류기룡 자동차_프레스 부품용 탄소공구강의 전단력 인자에 관한 연구 한국자동차공학회, 2011년 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회 2011, pp 3013-3013
 - 7) 이춘만, 박귀선 공저, DEFORM 소프트웨어를 이용한 전단면의 소성 변형 해석 에 관한 연구, 학술 저널, 2009, pp.1~6
 - 8) 홍규복, 성형해석을 통한 프레스 금형 설계, 공학석사 학위논문, 2005, pp.8~9
 - 9) 이상민, 프레스 금형 설계, 기전 연구사, 2009, pp.57~63
 - 10) 한국표준협회, 2010 KS 기계요소 핸드북, 2010.
 - 11) 김세환, 프레스 금형의 불량과 대책, 대광서림, 2010.
 - 12) 정중수, 프레스 금형의 재질별 클리어런스 량 예측에 관한 연구, 공학석사 학위 논문, 2003.
 - 13) 최병욱, 소재와 가공 : 프레스 금형재료의 종류와 용도, 한국산업정보센터, 2007, pp.4~7