

탄소공구강의 전단설계 변수에 따른 특성 상관관계 연구 (I)

류기룡^{†1} · 노현철² · 송재선² · 박춘달²

1.(주)세창, 2.(재)대구기계부품연구원

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

Gi-Ryoung Ryu[†] · Hyun-Cho Ro² Jae-Son Song² Chun-dal Park²

1.Sea-Chang Ltd, 2.Daegu Mechatronics & Material Institute

Abstract : In recent years, technology of press plastic working having made remarkable progress. We can say this because it facilitates mass production and have superior performances in machining speed and equivalency of quality than other processing methods. In characteristics of press plastic working, mold manufacturing according to characteristics of each product should be preceded before processing and it has a great influence on machining speed and quality of products and etc according to manufacturing method. Therefore, mold design technology is a critical technology in press plastic working. 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.

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

1. 서 론

최근 금속판재의 프레스 소성가공 기술이 눈부시게 발전하고 있다. 이는 대량생산이 가능하며, 양산가공 범위에서도 호환성, 가공속도, 품질의 균등성 등 어떠한 면에서도 다른 가공법에 비하여 우수한 면을 가지고 있기 때문이다. 또한 프레스 설비 및 금형 기술의 발전과 더불어 기존에 절삭가공으로 제작되던 부품에 대하여 프레스 소성가공으로 대체 제작되는 경우도 늘어나고 있는 추세이다.

프레스 소성가공의 특징은 가공 전 각각의 제품에 따른 금형의 제작이 선행되어야 한다는 것인데, 금형을 어떻게 제작할 것인가에 따라 가공속도나

제품의 품질에 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 금형의 설계기술은 프레스 소성가공에서 핵심기술이라 할 수 있다.

프레스 금형의 설계에는 사용하는 원재료, 금형 재료의 종류, 열처리 조건, 가공 공법 등 매우 많은 변수들이 존재하며, 현재까지 주로 연구되어지고 있는 분야는 일반강의 공법별 소성가공에 편중되어 있다.

전단공정에 대한 연구와 관련하여 [1] Ko 등은 유한요소법을 이용하여 전단가공 시 금형에 발생하는 마멸예측에 관해 연구하였으며 [2] Shin 등은 정밀금형의 설계인자가 박판 전단 가공에 미치는 영향을 유한요소해석 결과와 실험결과 비교를 통해 연구하였으며, [3] Lee 등은 전단 간격(Clearance)을 변화시켜 가면서 해석하고 그 결과를 유효응력분포와 비교하여 그 특성을 연구하였고, [4] Lee 등은 파인블

[†] Gi-ryoung Ryu Sea-Chang Ltd.

rgr1870@hanmail.net

접수 : 2012. 06. 07. 채택 : 2012. 10. 26.

랭킹(Fine Blanking)공정에서 전단면에 미치는 변수를 연구하였으며, 최근 자동차의 고성능 고기능화에 따라 내구성이 우수한 탄소공구강을 응용한 제품의 사용량이 늘어나고 있다. 그러나 현재 탄소공구강 가공에 따른 변수에 따른 폭 넓은 데이터가 축적되지 못하여 금형의 설계에 있어 주로 기존 금형제작사의 경험치에 의존하여 금형을 개발하는 수준에 머무르고 있다.

따라서 최근 산업수준의 고도화에 따른 기계부품류의 고탄소강, 탄소공구강 적용 요구가 끊임없는 상황임에도 불구하고, 이러한 이유로 고탄소강이나 탄소공구강의 경우 현재까지 적용된 사례가 많지 않다.

고탄소강이나 탄소공구강을 이용한 부품의 전단 가공에 있어 제품적인 측면에서는 정확한 금형마모 주기 예측이 난이하여 정확한 금형점검 및 유지보수가 어려워 제품의 불량 발생 확률이 높고, 전단가공시 금형의 간격(Clearance)에 전단면 확보가 어려울 경우 2중 파단이 형성되어 열처리 후 미세 파단(Crack)이 발생할 수 있고, Clearance량이 적절하지 않을 경우 미세 Chip이 발생하여 제품외관에 찍힘 등의 외관불량이 발생한다. 또한 금형의 마모가 진행되면서 제품의 치수변화에 의하여 치수불량 발생 가능성이 높아, 이와 함께 생산적인 측면에서 생산성 향상을 위하여 금형의 보수시간을 줄일 필요가 있고, 이 문제점을 해결하고 생산성 향상을 위하여 업계전반에 있어 고탄소강, 탄소공구강 제품 생산 노하우 축적이 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 제작하여 실험을 진행할 계획이다. 스러스트 와셔는 SK5M을 원재료로 하는 탄소공구강이며, 일반적인 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.

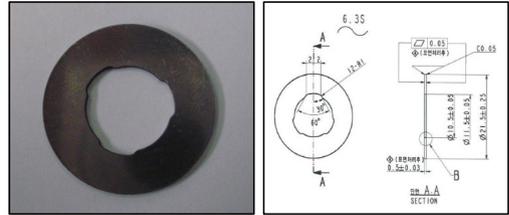


Fig. 1. The Figure of Thrust Washer and Drawing

2.1.2 측정제품 설정

간격(Clearnce)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)

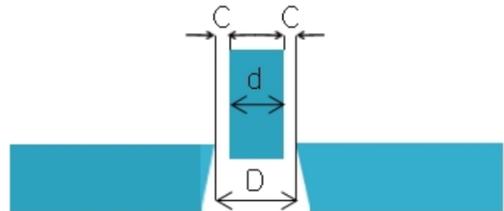


Fig. 2. The Figuration of Clearance

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

② 금형 재질 : 펀치(PUNCH)와 다이(DIE)는 합금공구강

- (3) 피가공재 및 샘플 채취
 - ① 피가공재 재질 : 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 간극(Clearance) : 8%, 10%, 12%
- (2) 원재료 두께 : 1.0 mm

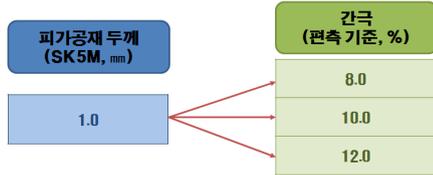


Fig. 3. The Schematic of a variable

2.2. 금형 타발 및 마모도 측정 방안

본 연구의 핵심적인 과제로서 블랭킹 금형 타발 진행에 따른 금형의 마모도 측정이다. 금형 마모도의 경우 스러스트 와셔(Thrust Washer)는 프레스에서 100,000타 이상을 진행하였을 경우 제품의 불량 이 나타남을 인식하는 바, 100,000타 기준으로 하여 타발 전·중·후로 나뉘어 금형의 마모도를 비교한다. 이는 간극과 제품 두께별로 비교·분석하며 금형의 마모도를 확인하기 위하여 본 연구에서는 제품과 상부금형, 제품과 하부금형이 직접적으로 만나는 피어싱 펀치, 피어싱 다이, 블랭킹 다이의 마모도를 측정한다. 또한 측정 포인트로서 상부 금형인 피어싱 펀치와 블랭킹다이에 각 2점(Point), 하부금형인 피어싱 다이에 4점(Point)으로 Fig. 4 와 같이 설정한다.

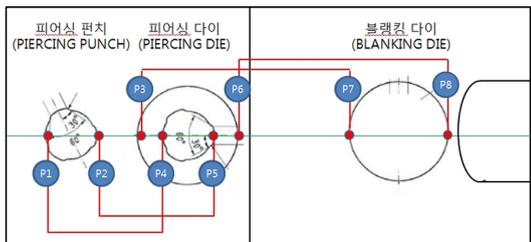


Fig. 4. The measurement points of Abrasion

측정 방식은 형상측정기를 이용하여 상기 포인트

의 금형형상을 측정하고 이를 각 타발수에 따른 금형형상 측정결과를 CAD프로그램을 이용하여 마모량을 폐곡선으로 표현하고 그 면적을 확인하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 실험결과 (포인트별 마모변화량 측정값)

DATA 표기는 두께별, 간격별, 측정 포인트 순서이다. 특히 측정 포인트에서 P1, P2는 피어싱 펀치이고, P3, P4, P5, P6은 피어싱 다이이며, P7, P8은 블랭킹 다이로서 간극 8%, 10%, 12%의 포인트별 측정 결과는 다음 Fig. 5, 6, 7과 같다.

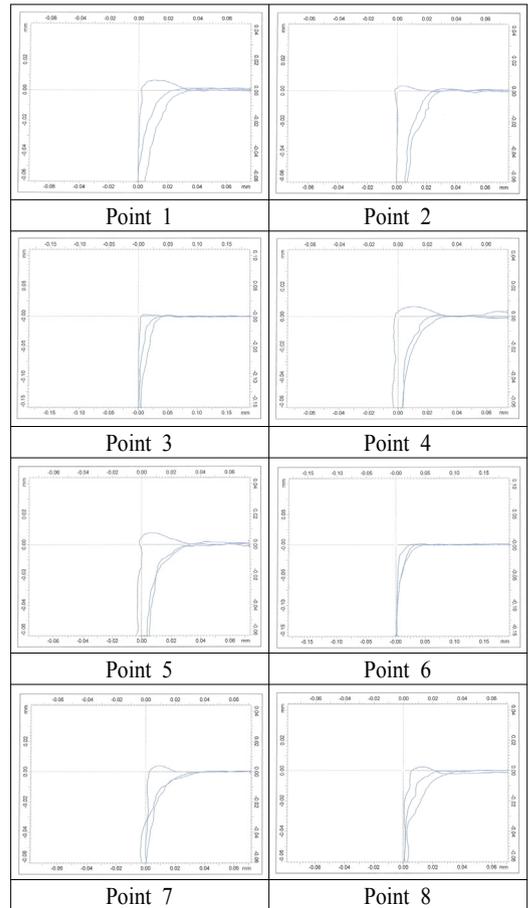


Fig. 5. The Comparison of Abrasion (Clearance : 8%)

탄소공구강의 전단설계 변수에 따른 특성 상관관계 연구 (1)

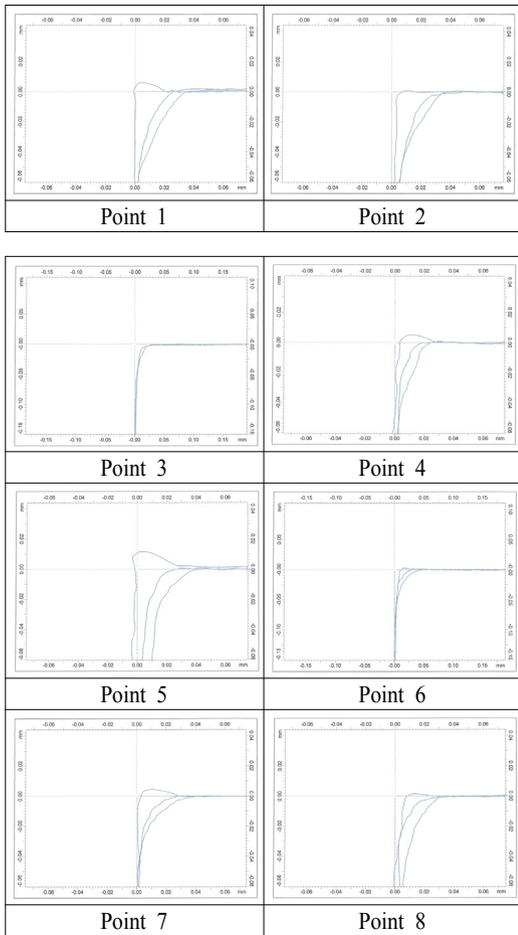


Fig. 6. The Comparison of Abrasion (Clearance : 10%)

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 JPG파일을 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 평균값 결과는 Fig. 8과 같이 타발 수 증가에 따라 마모 평균값이 증가함을 보였다.

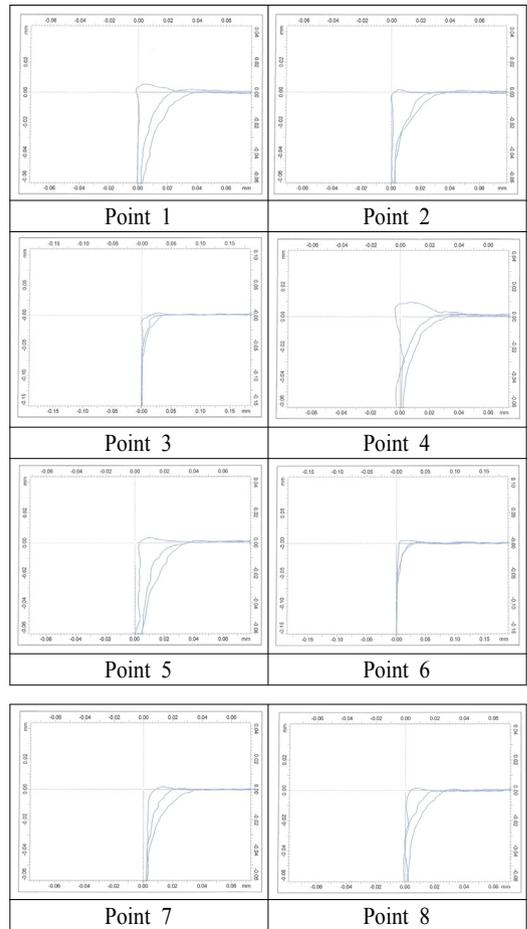


Fig. 7. The Comparison of Abrasion (Clearance : 12%)

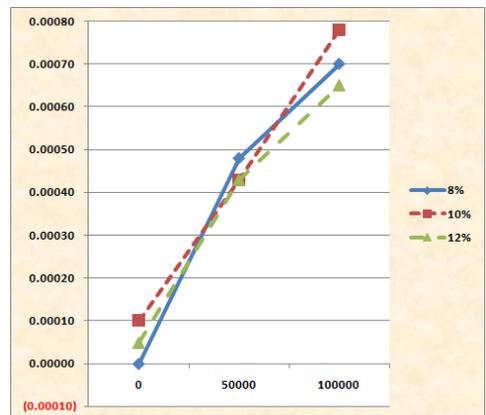


Fig. 8. The Average of Abrasion (Tickness : 1.0)

마모율 변화량은 Tab. 1 및 Fig. 9 와 같이 타발수 증가에 따라 마모 변화량의 수치는 감소함을 알 수 있고, 즉 0~50,000타 구간에서 간격 8%의 마모 변화량이 가장 높고, 간격 8%, 10%, 12% 모두 100,000 타까지의 마모 변화량은 점차 감소하는 추세이다. 100,000타까지의 마모 변화량이 같은 8%와 12%를 비교 할 때, 마모변화량이 낮은 12%가 가장 적절한 간격임을 추측 할 수 있다.

Table 1. The result of Abrasion (단위 mm²)

간격(%)	타수	마모변화량
8	0	
	50,000	0.00048
	100,000	0.00023
10	0	
	50,000	0.00038
	100,000	0.00028
12	0	
	50,000	0.00035
	100,000	0.00023

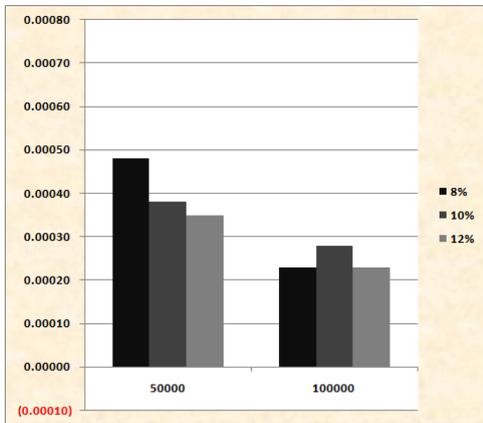


Fig. 9. The Variation of Abrasion (Thickness : 1.0)

3.3. 제품 전단면과의 비교

전단면 현상의 측정 방법으로 다양한 현미경 관찰 방법이 있지만, 본 연구에서는 실체현미경을 이용하고자 한다. 이는 전단면 한 점을 확인하는 것이 아닌, 구간에 대한 전단면 전체를 확인 할 수 있기에 특정 부분에 대한 오측정을 미연에 방지 할 있으며, 구간에서의 평균값을 확인하여 전단면 현상 변화 추이를 관찰 할 수 있다.

측정방안으로 간격과 타발(10,000타)에 따라 샘플

을 채취하여 상기 실체현미경으로 50배 확대하여 단면을 관찰하였으며, 눌림면·전단면·파단면의 높이를 구간 평균치로 측정하여 각각에 대한 변화 현상을 비교·분석하였다.

각 피가공재 제품의 눌림면, 전단면, 파단면, 버를 0.001mm 단위로 계측을 하였으며, 버의 측정은 전체 두께에서 눌림면, 전단면, 파단면의 두께를 뺀 값으로 전체 길이에 대한 비율로 각각의 데이터를 비교하여 **Table 2.** 에 나타내었다.

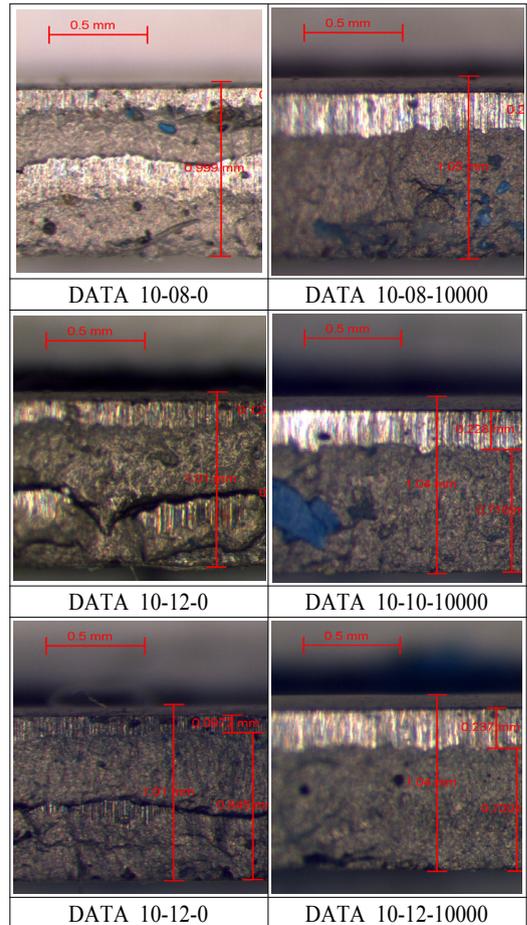


Fig. 10. The Figuration of shear side

Table 2. The result of Shear phenomenon (단위 %)

구분	0	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	10000	
8	눌림면	3.8	7.1	7.1	6.7	7.5	6.2	7.8	8.8	7.3	8.7	8.9
	전단면	10.6	15.8	16.6	17.7	18.2	19.7	22.5	22.1	21.6	20.7	21.0
	파단면	85.9	74.5	73.4	73.0	72.4	71.6	66.8	65.8	68.5	67.3	66.2
	버	-0.3	2.6	2.9	2.6	2.0	2.5	2.9	3.3	2.6	3.4	4.0

10	눌림면	6.5	7.9	8.3	7.1	8.7	8.7	8.8	9.7	9.5	9.2	
	전단면	11.9	15.8	19.0	18.8	20.1	19.9	21.3	20.9	20.7	21.9	
	파단면	80.4	73.3	70.3	72.2	68.3	68.2	66.3	66.8	66.3	67.7	65.4
	비	1.2	3.0	2.3	2.0	2.8	3.3	3.6	3.5	3.4	2.1	3.5
12	눌림면	6.7	7.3	6.9	11.5	8.2	9.2	10.4	8.3	7.8	9.8	8.0
	전단면	9.6	14.9	15.3	15.5	18.6	18.8	20.3	20.5	20.7	23.9	22.8
	파단면	82.9	76.4	76.7	70.9	71.5	68.8	66.7	68.7	69.2	62.8	65.4
	비	0.8	1.5	1.2	2.1	1.7	3.1	2.6	2.4	2.3	3.5	3.8

눌림면 전단면 파단면의 측정 결과 타수에 증가에 따라 Fig. 11과 같이 전단면의 증가 현상을 확인할 수 있었다.

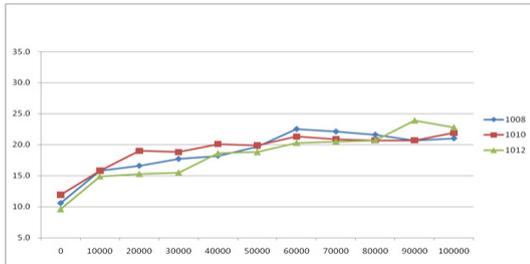


Fig. 11. The Ratio of shear side

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 탄소공구강의 프레스 소성가공에서 전단 가공에 대한 금형의 마모와 제품간의 상관관계에 대해 비교 분석을 하였으며 이에 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 타발이 진행됨에 따라 금형 마모량의 증가를 확인할 수 있었으며, 간격 8~12%t 사이에서는 간격이 클수록 마모의 변화율이 작아짐을 확인할 수 있었다.

(2) 0~100,000타 구간에서의 전단면 현상은 최초 전단으로부터 타발수가 증가함에 따라 전단날부의 마모로인하여 전단면이 늘어나고 파단면이 줄어드는 일반적 현상과 일치함을 확인할 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

- 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.
- 신용승, 김병희, 김현영 정밀금형의 설계인자가 박관 전단가공특성에 미치는 영향, 한국정밀공학회 2001년 추계학술대회논문집 pp.523~526
- 정성제, 이선봉, 전영학, 김병민 정밀전단가공에서 소재특성에 관한 연구 한국정밀공학회 2002년 추계학술대회 논문집 pp.296~299
- 이춘규, 파인블랭킹 공정에서 전단면에 영향을 미치는 요소에 관한 연구, 석사학위 논문, 2008
- 이춘만, 박귀선 공저, DEFORM 소프트웨어를 이용한 전단면의 소성 변형 해석에 관한 연구, 학술 저널, 2009, pp.1~6
- 박희철, 프레스 산업 경쟁력 조사, 한국공작기계공업협회, 2009, pp.25~28
- 홍규복, 성형해석을 통한 프레스 금형 설계, 공학석사 학위논문, 2005, pp.8~9
- 이상민, 프레스 금형 설계, 기전 연구사, 2009, pp.57~63
- 한국표준협회, 2010 KS 기계요소 핸드북, 2010.
- 김세환, 프레스 금형의 불량과 대책, 대광서림, 2010.
- 정중수, 프레스 금형의 재질별 클리어런스 량 예측에 관한 연구, 공학석사 학위 논문, 2003.
- 최병욱, 소재와 가공 : 프레스 금형재료의 종류와 용도, 한국산업정보센터, 2007, pp.4~7