전자서보제어 삼축압을 이용한 파인 블랭킹 프레스 개발에 관한 연구

최계광*, 조윤호**
*공주대학교 기계자동차공학부
**(주)상진 미크론
e-mail : ckkwang@kongju.ac.kr

Study on development of Fine Blanking Press for Triple Action in Electronic Servo Control

Kye-Kwang Choi*, Yun-Ho Jo**
*Kongju National University. Div. of Mechanical & Automotive Engineering.
**Sangjin Micron co. Ltd.

요 약

국내에서 파인 블랭킹 프레스는 대기업이나 중소기업, 국책 연구소 등 개발에 성공한 곳은 어느 곳도 없다. 국내에서는 최초로 S사에서 자체의 기술로 400톤 파인 블랭킹 프레스를 설계, 제작, 조립하여 개발하였다. 700톤 파인 블랭킹 프레스의 개발로 인하여 수입에만 의존한 것을 국산화하여 원가절감 및 국제 경쟁력 강화에 기여할 수 있다.

1. 서론

해외에 자동차의 수출이 대폭 늘어나면서 미국, 유럽, 남미 등에서 자동차에 대한 안전성, 내구성, 연비 등 규제를 강화하고 있다. 자동차의 동력 전달 기관인 트랜스미션, 의자 조절기구인 시트 리크라이너 등 파인 블랭킹 제품을 생산 할 수 있는 파인 블랭킹 프레스를 독일, 스위스, 일본에서 전량 수입하고 있다. 파인 블랭킹 프레스를 국산화하여 국가산업기술의 발전 및 국내기업의 국제 경쟁력 강화에 기여하는 꼭 필요한 기술이다. 현재까지 국내에서 파인 블랭킹 프레스는 대기업이나 중소기업, 국책 연구소 등 개발에 성공한 곳은 어느 곳도 없다. 국내에서는 최초로 S사 자체의 기술로 400톤 파인 블랭킹 프레스를 설계, 제작, 조립하여 개발하였고 트라이얼 및 양산 테스트에 성공하였다. 국외에서는 파인 블랭킹 프레스는 독일의 SMG사에서 제작하여 스위스 파인 툴사가 판매하고 있으며, 스위스의 슈미트사, 일본의 모리떼꼬 등 3사가 제작 판매하고 있다.

현재 까지는 국내에서는 3개사로부터 파인 블랭킹 프레스 250 ~ 1100톤 프레스를 약 70대를 수입하였다. 700톤 파인 블랭킹 프레스의 기술개발로 예상되는 파급효과 및 활용방안은 다음과 같다. 파급효과로는 현재까지 파인 블랭킹 프레스를 수입에만 의존한 것을 국산화하여 국내 사무기기회사, 산업기계회사, 자동차 부품 제조회사 등의 원가 절감 및 국제 경쟁력 강화에 기여할 수 있다. 활용방안으로는 전기, 전자제품, 자동차 미션 부품, 시트 리크라이너 부품, 기구설계 부품 등 다양한 곳에 사용할 수 있고, 또한 현재는 항공기의 소결제품, 단조제품까지 영역을 넓혀 나가고 있다. 또한 미국이나 유럽, 일본 중국 등에 수출을 기대할 수 있다.

2. 본론

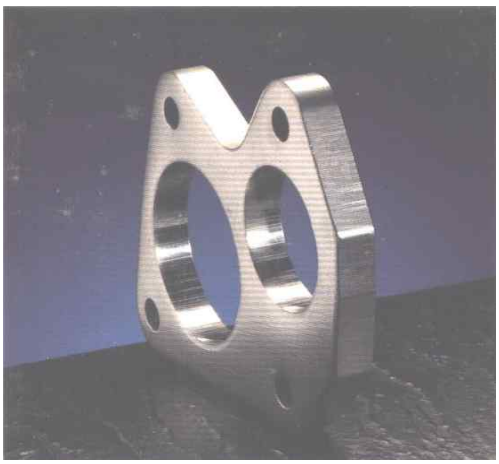
2.1. 기술개발 내용

우리나라의 기계공업이 시작부터 현재까지 많은 공작기계 및 금속소성 가공기계가 개발 되었다. 예를 들면 초정밀 고속밀링기계, 초정밀 와이어커팅기, 절삭기계, 프레스 기계, 유압 프레스기계 등 기계공업에 엄청난 발전 및 변화를 가져왔다. 그러나 후판용 펀칭가공기계(전단면을 깨끗이 만드는 가공기술), 일명 파인 블랭킹 프레스라고 하는 기계는 우리나라에서 어느 대학이나 연구기관, 대기업, 중소기업 등에서 개발에 성공한 사례가 없다.

2.1.1 파인 블랭킹 프레스

파인 블랭킹 프레스는 파인 블랭킹을 하기 위해서

3가지 힘을 내주어야 하는 데 전단압, V링 압, 배압이다. 기계적으로나 유압 시스템을 이용하여 전단을 한다. 어느 형의 프레스가 되었던 전단 작업 중 램의 속도는 감속한다. 실제의 파인 블랭킹이나 전단작업 중에는 전단면 바깥 부분은 V링에 의해 견고히 조여지고 안쪽부 이젝터에 의해 보지된다. 전단작업 중에 전단지역으로부터 공작물이 말려 들어가는 것을 억제하기 위해 V링 압과 배압이 사용된다. 재료의 재질과 두께, 형태는 다양하므로 이러한 두 가지 압력은 폭 넓게 독립적으로 변화하고 적절하게 조절되어야 한다. 그러한 압력들은 전단작업 중에는 일정해야 한다. 공작물을 조이는데 필요한 압력은 유압 시스템을 사용함으로써 가능하다. [그림 1]에 파인 블랭킹 금형으로 생산한 제품의 예이다[1].

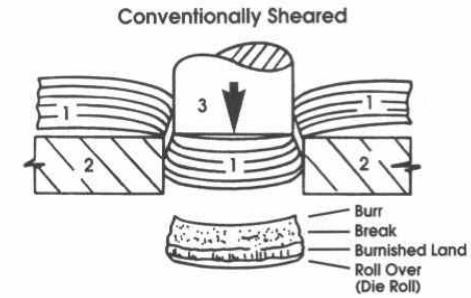


[그림 1] 파인 블랭킹 제품 예

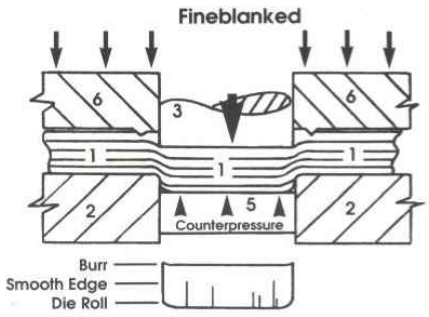
2.1.2 전단속도

재료의 두께가 증가하고, 재질의 인장강도가 커짐에 따라서 깨끗한 전단면을 얻고, 절단요소의 과열을 방지하기 위해서는 더 느린 전단속도로 작업해야 한다. 이러한 이유로 파인 블랭킹 프레스의 전단속도는 조정되어야 한다. 대체로 파인 블랭킹 프레스의 전단속도는 1초당 5~15mm 이다. 한편 경제적으로 볼 때 프레스는 시간당 가능한 한 많은 제품을 생산할 수 있어야 한다. 앞서 명기된 요구사항에서 나타나는 분명한 모순은 가감속 될 수 있도록 제어된 램 사이클에 의해 해결된다.

빠른 속도로 금형이 닫히기 위해 주 펌프는 일정한 압력과 균일한 용적으로 실린더 1에 기름을 공급한다. 동시에 기름이 탱크로부터 실린더 2로 저절로 흡수된다. 급속접근(금형으로 접근)램 운동에서 전단속도까지의 스위치를 조작 할 때 기름은 주 펌프로부터 실린더 1, 2로 들어간다. 두 실린더가 기름으로 가득 차 있고, 주 펌프로부터 공급되는 기름의 압력과 부피는 일정하기 때문에 램은 매우 감속된 속도로 상사점을 향한다. 이때 실린더 3의 기름이 압축되고 완충작용을 한다. 전단 작업 도중 특별한 제어장치로 전단속도는 일정하게 되고 램 스트로크/전단작용의 말기 에는 전단속도가 증가하지 않는다. 상사점에 도달하면 실린더 1, 2의 압력은 풀리고 유압은 실린더 3에 도달한다. 실린더 3의 부피는 작기 때문에 빠른 속도로 램이 귀환한다. 고압 축 방향 피스톤 펌프의 각 위치는 조절할 수 있다. 이것은 펌프 피스톤의 스트로크 길이를 변화 시키고, 그리하여 공급되는 기름 부피를 변화시킨다. 이러한 방법으로 급속접근, 전단, 램의 귀환속도는 고정될 수 있다. 이러한 세 가지 운동은 일반적으로 기계의 스트로크 율을 제어한다. 더구나 각각의 금형의 닫힘 높이에 따라서 고정되어야 하는 램의 스트로크의 길이가 스트로크 율에 작은 영향을 준다. [그림 2]에 파인 블랭킹 가공원리와 일반 블랭킹 가공에 대하여 나타내었다.[2]



① 일반 블랭킹



② 파인 블랭킹

[그림 2] 일반 블랭킹과 파인 블랭킹의 비교

2.1.3 램의 귀환

전단 작업이 끝난 후, 램의 귀환 작업을 정확히 제어하기 위해서는 상당한 주의가 필요하다. 펀치가 다이 속으로 (3mm ~5mm) 삽입되는 기존의 프레스 작업과는 반대로 파인 블랭킹금형에서는 램의 귀환이 전단 작업이 끝나는 순간에 이루어진다. 펀치가

다시 속으로 삽입되면 펀치가 더 빨리 마모되어 생산량도 낮아진다.

상사점에서 램 귀환의 정확한 지점은 주 피스톤 위의 데드스톱에 의해 제공된다. 이러한 데드 스톱은 모터에 의해 수직으로 조정되고, 자동적으로 고정된다. 램의 상사점은 정확하게 카운터 판에 ±0.01mm까지 나타난다. 이러한 스트로크 제어는 가능한 모든 '램의 흔들림'을 방지하고 정확한 램의 귀환을 보장한다.

2.1.4 틈새가 없는 8면 램 가이드

파인 블랭킹금형에서는 펀치와 다이 사이의 미세한 간격은 프레스에서 일어나는 어떠한 변형이라도 방지하는 정확한 램의 안내가 요구된다. 이러한 요구가 만족되지 않으면 질이 나쁜 제품이 나오고 공구 수명도 단축된다.

2.2. 세부개발 내용 및 방법

2.2.1 메인 실린더

메인펌프에서 나오는 700톤의 유압을 견디면서 그 힘을 전달시켜 주는 실린더로 가장 큰 문제점 중 하나였다. 이전 모델을 양산하는 도중 실린더의 크랙이 발생하여 누유가 되는 문제도 발생하였기에 만전을 기울였다. 실린더 또한 시뮬레이션을 이용하여, 테스트 후에 제작하였다.

2.2.2 다이 쿠션 디바이스

하 프레임내에 설치되어 있으며, 쿠션 패드, 쿠션 실린더, 쿠션 핀 등으로 구성되어 있다. 드로잉 성형 작업시, 역압 작용 및 제품의 취출 등에 사용된다.

2.2.3 과부하 안전장치

유압 회로 내에 릴리프 밸브를 부착하여 프레스 작동시 과부하로부터 각 부품의 파손을 방지하는 안전보호 장치이다.

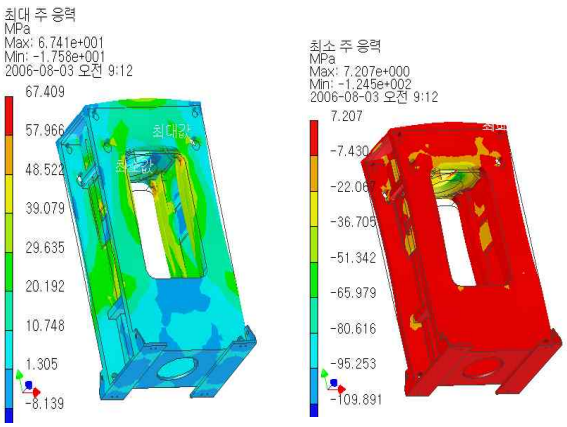
3. 파인 블랭킹 프레스 개발 결과

3.1. 메인 프레임

메인프레임은 파인블랭킹의 가장 중요한 구성이라고 해도 부족함이 없을 정도이다. 프레스의 구성하는 뼈대이며, 기본이 되는 요소이다. 그러므로 강도중요성이 기계의 내구도를 좌우한다. 일반적인 프레스의 경우 대부분이 각강관을 사용해서 용접, 접합을 이용, 부품을 조립하는 형식을 사용한다. 단가적인 측면이나, 기계 이동시에 분리해서 이동하기 때문에 편리하다. 그러나 파인블랭킹은 일반 프레스에 비하여서 크기가 작기 때문에 적은 용적으로 큰 힘을 필요로 한다. 그 이유로 두꺼운 강판을 용접하여 사용했다. 물론 최근 들어 주조기술이 발전함에 따라 프레스 골조 자체를 주조로 만들어서 사용하기도 한다.

3.1.1 해석

3차원 설계 프로그램을 사용하여 프레임을 작도 후에 하중을 위 그림과 같이 작용하는 것을 시뮬레이션 한 후에 수정 데이터로 설계하였다. 데이터의 결과를 토대로 위의 사진에서 보이는 비드 부분을 보강하여 800톤의 힘도 견딜 수 있을 정도로 안전하게 설계를 하였다. 추후에 800톤을 계발한다면 동일한 프레임을 사용할 수도 있을 것이다 초기에 주조부품으로 만들 생각도 하였으나 대량생산이 아닌 경우라서 비용면에서 상당히 고가이라 엄두가 나지 않았다. 하지만 대량생산을 하게 된다면 주조부품으로 만드는 법도 생각해 볼 수 있다. [그림 3]에 메인 프레임의 해석에 대하여 나타내었다.

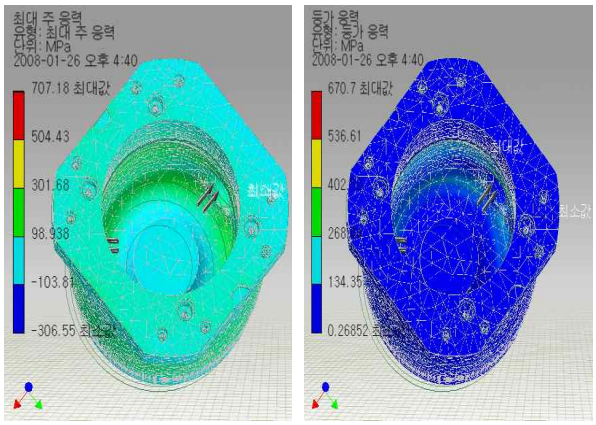


[그림 3] 메인 프레임의 해석 결과

3.2. 메인 실린더

메인펌프에서 나오는 700톤의 유압을 견디면서 그 힘을 전달시켜 주는 실린더로 가장 큰 문제점 중 하나였다. 이전 모델을 양산하는 도중 실린더의 크랙이 발생하여 누유가 되는 문제도 발생하였기에 만전을 기울였다. 실린더 또한 시뮬레이션을 이용하여, 테스트 후에 제작하였다. 또한 메인 스토퍼와 연결되는 부속을 가공하는 데에 있어 매우 난해하였다. 나사를 가공하여야 하는데 나사의 형상이 일반적으로 사용하는 60도의 나사가 아닌 45 + 7도 톱니나사였다.

톱니나사의 경우 일반적으로 45도의 나사를 국내에서 사용한다. 하지만 강도개선을 위하여 45+7도의 나사를 사용하였다. 앞에서 설명한 나사는 해외에서 사용하는 규격이었다. 그래서 나사가공을 하는 업체를 찾는 것 또한 힘들었으며 정밀한 가공을 하기 위해서는 작업자에게 많은 지시사항을 내려야 했다. 나사가공에 필요한 바이트도 새로 주문 제작해야 하는 실정이었기 때문이다. 처음에 가공회의 도중에 부품가격을 줄이기 위해 일반 범용선반에서 가공하자는 이야기도 거론되었으나, 위치결정에 중요한 역할을 하는 부품이기에 CNC가공기가 필요하였다. 그래서 일반 선반의 경우 나사를 전체적으로 바이트 형상으로 여러 번 가공하여 만드는 반면 CNC가공기는 바이트 형상과 데이터를 사용하여 더욱 정밀한 치수의 부품을 만들 수 있다. [그림 4]에 메인 프레임의 해석에 대하여 나타내었다.



[그림 4] 메인 실린더의 해석 결과

3.3. 2매 타발 방지장치

3.3.1 장치의 효과

프레스에 금형이 동작할 때 재료와 금형 사이에 이물질이나 에어슈터로 미쳐 취출해 내지 못한 부품이 남아있는 상태로 작업을 할 경우 프레스의 유압력으로 부품과 같이 금형을 눌러버리는 현상이 발생한다. 이 경우 과도한 압력이 발생하여 금형파손을 일으키게 된다. 기존 일반 프레스는 이런 문제 발생시 금형파손으로 이어지는 경우도 더러 발생하기도 한다. 하지만 파인블랭킹의 경우 부품의 두께가 매우 두껍기 때문에 2매가공시 즉각 금형파손이 된다. 그 이유로 블랭킹 가공시 에러를 미리 발견하기 위해 2매 타발 방지장치라는 장치를 적용한다.

3.3.2 장치의 구동

위의 문제를 조기 방지하기 위한 장치이며 동작원리는 금형에 칩이 끼어 본래의 위치와 다른 위치 즉, 부품이나 이물질의 두께만큼 낮은 위치에서 가압이 발생하게 된다. 불합리한 가압발생시 위치센서의 센서가 동작을 하게 되면 즉시 가압을 중지시킨다. 금형의 위치는 그 상태로 정지하며 가압상태만 중지된다. 그후 작업자가 하한 점으로 내려서 2매를 확인하게 된다. 주의사항은 파인블랭킹 포도 윤활제의 점도가 매우 높기 때문에 부품이 더러 금형에 붙기도 한다. 부품이 금형에 붙어서 2매 타발 방지장치가 작동될 경우 작업자는 부품을 찾아야 하나 부품의 크기가 작을 경우에는 찾기가 힘들다. 그러므로 2매 타발 방지장치가 작동되면 작업자는 무슨 수를 써서라도 반드시 찾아야 한다.

4. 결론

전자서보제어 삼축압을 이용한 파인 블랭킹 프레스 개발에 대하여 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

1) 국산화 한 파인 블랭킹 프레스는 후판의 전기, 전자제품, 자동차 리클 라이너 부품, 기구설계 부품 등 다양한 제품을 양산하는 데에 사용할 수 있다.
2) 기존까지 수입에만 의존하던 파인 블랭킹 700톤 프레스를 국산화 하여 자동차부품 및 사무기기 회사 등의 원가절감 및 국제 경쟁력을 강화에 기여할 수 있다.
3) 파인 블랭킹 프레스의 핵심 요소인 메인프레임과 메인실린더에 대한 구조해석을 실시하여 안전하고 정밀한 구조로 제작하였다.
4) 파인블랭킹의 경우 부품의 두께가 매우 두껍기 때문에 2매가공시 즉각 금형파손이 되므로 블랭킹 가공시 에러를 미리 발견하기 위해 2매 타발 방지장치를 적용하였다.

참고문헌

[1] 이종구, “SNCM 강종의 파인블랭킹 전단부의 변형거동에 관한 연구”, 한국금형공학회 동계 학술대회, pp. 3-11, 2008.

[2] 김종덕, 홍석관, 김정언, 강정진, 김병준, “고장력 소형 stainless 제품의 다수 cavity 동시성형을 위한 파인블랭킹 금형의 변형 예측”, 한국금형공학회 동계 학술대회, pp. 31-43, 2008.