

프레스기계의 인간공학적 설계 Ergonomic Design of Press Machine

김 유 창*

Kim, Yu-chang

Abstract

Presses are very used in industrial and commercial companies and are often the source of serious accidents occurring during operation. Most of accidents are due to inadequate design of the press machine. This paper presented an experiment which examined eye movement characteristics of the operators in the press operation.

Continuous recordings of eye movements were made on five subjects in press operation. It was observed that the subjects stared longer at the die and did not stare at the switch. The eyemovemen patterns per cycle of the subjects were mostly identified as material container → die pattern type. The results could be used as basic data to establish a design guideline when manufacturer made the press machine.

1. 서론

산업현장에서 사용되고 있는 프레스는 동종제품을 양산하는 데 소요되는 설비로서 하루에 수천회, 1년에 수백만번의 단순동작을 반복하면서 제품을 가공하는 동안 수없이 위험구역내에 신체의 일부가 드나드는 위험한 기계이다. 또한 단 한번의 실수에 의해 산업재해를 당하게 되며, 산업재해의 대부분이 신체장해를 남기는 기계이다.

'93년 한국에서 산업재해를 발생시키는 원인이되는 기인물중 프레스 및 전단기가 차지하는 비중이 18.7%로 가장 높아 프레스 기계의 안전성에 대한 연구가 시급한 실정이다. 지금까지 기계의 안전장치에 대한 연구는 많이 되어 있으나 인간요소를 고려한 프레스 설계에 대한 연구는 거의 되어 있지 않다.

자동차, 프레스기계와 같은 위험기계작업은 지속적인 시각작업을 필요로 하며, 작업을 안전하고 효율적으로 하기 위해서는 시각정보가 적절한 순서로 들어와야 하며 빠르게 처리되어야 한다. 이러한 이유때문에 눈움직임을 이용한 산업기계의 설계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 시각작업이 많고 중대한 재해를 발생시키는 자동차설계(Mourant and Rockwell, 1970, 1972; Robinson et al., 1972), 비행기설계(Itoh et al., 1990), 지게차설계(Hella et al., 1988, 1991)등에 대한 연구가 행해졌다. 프레스작업도 많은 시각정보를 필요로 한다. 그러나 프레스기계를 제조하는 회사나 사용하고 있는 공장은 대부분 중소기업이기 때문에, 많은 프레스 재해가 발생하고 있음에도 이에 대한 연구가 전혀 되어있지 않다. 따라서 본 연구는 눈움직임을 이용하여 작업자들이 편하고 안전하게 작업할 수 있는 프레스의 인간공학적 설계지침을 제시하고자 한다.

* 충남전문대학 산업안전과

2. 실험방법 및 실험장치

2.1 피실험자

피실험자는 안경을 쓰지 않은 피실험자 5명을 선발하여 실험하였다. 피실험자는 프레스작업경력이 평균 5년이며 각 피실험자는 최소한 2년 이상의 경험이 있다. 각 피실험자는 성형작업(forming operation)을 15분 연습하고 5분간 본 실험을 실시하였다.

2.2 실험장치

본 연구의 실험장치는 그림1과 같으며, 눈움직임은 Eye camera system의 Scene monitor에 나타난 주시점을 VTR에 녹화하여 프레임분석을 행하였다.

2.2.1 프레스

프레스는 2개이상의 서로 대응하는 금형을 사용하여 그 금형사이에 금속 등의 가공재료를 넣고 가공재료를 강한힘으로 압축시켜 굽힘, 드로잉, 절단, 친공 등을 하는 기계이다. 본 실험에 쓰인 프레스는 1톤 짜리 기계식이며 안전장치는 손쳐내기식 장치 뿐만아니라 조작용 양손으로 동시에 하지 않으면 기계가 작동하지 않는 양수조작스위치를 구비하였다.

2.2.2 눈움직임 측정장치

대표적인 눈움직임 측정방법으로는 각막반사법, EOG(Electro-oculogram), Contact lens 법, Limbus 경계법, Double purkijnje 법, 그리고 각막반사점과 동공중심점과의 차이로 측정하는 방법이 있다. 본 연구에서는 마지막 방법을 사용하였다. 다른 방법에 비해 이 방법의 장점은 응용이 쉽고, Calibration 이 빠르고, 머리움직임을 보정해준다는 점이며 단점은 피실험자 머리에 불안정하게 부착된 Eye camera 로 인한 Calibration 의 손실, 피실험자의 주변시야의 감소, 기록의 프레임분석을 하는 데 많은 시간의 소요된다는 점이다. 본 실험에 쓰인 아이 카메라 시스템(eye camera system)은 ISCAN社 에서 만들어진 제품으로 동공의 크기(pupil size), 눈 움직임(eye movement), 눈의 주시점(eye point-of-regard)등을 분석할수 있다. 이 시스템은 NTSC 방식에서는 60Hz 샘플링을 할 수 있으며 시각(visual angle)이 $\pm 15^\circ$ 에서 $\pm 20^\circ$ 내에서는 1° 의 정확성을 가진다. 이 시스템은 실험중에 피실험자의 작은 머리 움직임을 자동적으로 보정하여 주며 또한 안경이나 콘택트렌즈를 착용하여도 좋은 시스템이다.

2.3 실험절차와 분석

각 피실험자에게 실험의 성격과 목적을 실험전에 설명하였으며 또한 안전하게 작업하면서 가용하면 빠르게 작업하도록 지시하였다. 각 피실험자는 5분간의 실험전에 5분간 연습하고 5분간의 휴식을 취하도록 하였다.

각 피실험자마다 약 9000 frame의 눈움직임 자료가 video tape에 수록하였다. video recorder를 사용한 frame by frame 분석을 통하여 원하는 자료형태로 변환하였다. 각 피실험자에게 얻어진 자료중 처음 5400 frame만 분석에 사용되었다.

눈움직임의 분석을 효과적으로 하기위해 프레스를 재료용기, 금형, 양손스위치로 나누었다. 눈의 주시점이 분석하는 부위에 머무르는 시간과 각 부위사이를 이동하는 시간을 측정하며 이를 근거로 한 여러 변수들을 분석에 이용하였다. 측정자료중 평균 $\pm 3\sigma$ 범위 밖의 자료는 제외하였다.

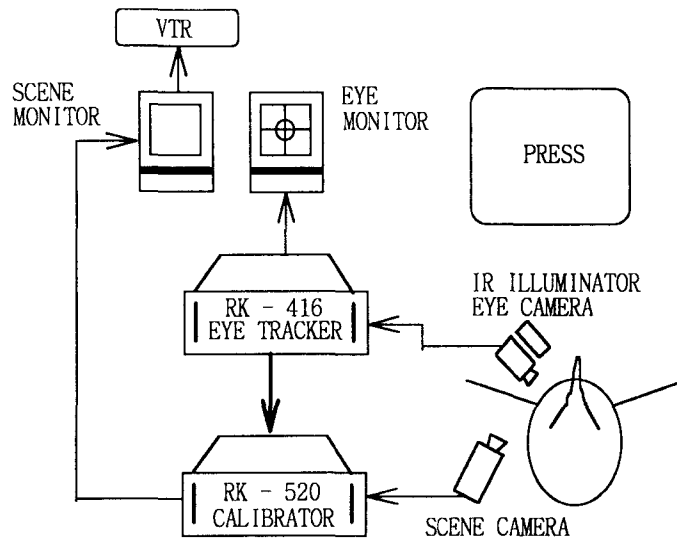


그림 1. 실험 장치

3. 실험결과 및 고찰

제품 1개 만드는 데 소요되는 시간은 평균 3.80초(표준편차, 0.74)로 분석에 사용되는 자료는 각 피실험자당 최소 20-30번정도 반복되었기 때문에 아래의 자료는 충분히 유효하다.

눈이 각 부위에 머문시간은 표1과 같으며, 재료용기에서 0.64초, 금형에서 1.17초, 스위치에서 0초가 소요하였다. Wierwille(1985)는 정신부하가 높으면 눈이 머문시간이 증가한다고 주장하였는데 이는 중요한 부위는 많은 정보를 처리하기 위해 좀 더 오랫동안 머무른다는 것이다. 따라서 프레스 작업에서 금형의 위치가 가장 중요함을 알 수 있다. 프레스기계를 설계할 때에는 금형은 잘보이는 위치에 배치하여야 하며 금형이 보이는 것을 막는 어떤 장치도 없어야 한다. 이러한 인간공학적 측면에서 손 쳐내기식 안전장치는 시각정보를 일부 차단시키므로 바람직하지 않음을 알 수 있다.

또한 프레스 작업자는 작업을 할 때 스위치를 보지 않고 주변시야를 이용하고 있음을 알 수 있다. 주변시야는 정확한 시각정보를 얻을 수 없으므로 스위치를 설계할 때에는 이를 고려하여 눈에 잘 띄는 좋은 재료를 선택하는 것이 바람직하다.

제품 1개를 만드는 데 소요되는 시간을 작업주기라고 정의하였다. 작업주기당 눈움직임 패턴은 표2에 나타내었다. 대부분 눈움직임 패턴은 재료용기→ 금형 패턴으로 나타내었다. 눈의 이동시간은 짧기 때문에 재료용기와 금형의 위치는 별로 상관이 없는 것 처럼 생각할 지 모르나 대부분 눈의 움직임은 손의 움직임의 시간과 경로에 영향을 주기 때문에 재료용기와 금형은 매우 가까이 위치시켜야 작업주기 시간을 줄일 수 있다고 생각된다.

또한 나머지 눈움직임 패턴에서 금형을 두 번 보는 이유는 물건이 만들어지는 순간이며, 제일 위험한

순간인 상형과 하형이 만날 때를 보기 위해 다시 금형으로 눈이 움직이기 때문이다. 따라서 대부분의 작업자는 제품이 만들어 지는 순간인 상형과 하형이 만나는 순간을 보기 때문에 이순간을 볼 수 있도록 프레스 설계시 고려하여야 한다고 생각된다.

표 1. 눈 머문시간

(단위, 초)

프레스 부위	평균	표준편차
재료용기	0.64	0.54
금형	1.17	0.76
스위치	0	0

표 2. 작업 주기당 눈움직임 패턴

눈움직임 패턴	백분율
재료용기 → 금형	55.3 %
재료용기 → 금형 → 금형	9.1 %
재료용기 → 금형 → 재료용기 → 금형	28.1 %
기타	7.5 %

4. 결론

본 논문의 목적은 프레스 기계 작업시 눈움직임을 이용한 프레스 기계의 인간공학적 설계지침을 제시하는 데 있으며, 다음과 같은 결론을 얻었다. 이와같은 결론은 중소기업에서 많이 사용하고 있는 양수조작스위치를 장착하고 있는 용량이 1톤 정도인 소형 기계식 프레스에 적용될 수 있으며, 자동화된 대용량의 프레스에는 다른 결론을 얻을 수도 있다고 생각된다.

(1) 프레스 작업에서 금형의 위치가 가장 중요함을 알 수 있다. 프레스기계를 설계할 때에는 금형은 가장 잘보이는 위치에 배치하여야 하며 금형이 보이는 것을 막는 어떤 장치도 없어야 한다. 이런 측면에서 손쳐내기식 안전장치는 바람직 하지 않다.

(2) 눈움직임의 패턴상 프레스의 금형과 재료용기는 밀접한 관련이 있기 때문에 가능하면 가깝게 배치하여야 작업시간을 줄일 수 있다. 또한 양수조작스위치도 눈의 주변시야내에 배치되어 있어야 작업능을 높일 수 있다.

(3) 프레스 작업에서 양수조작스위치는 매우 중요한 부분이지만, 프레스 작업자는 작업을 할 때 스위치를 보지 않고 주변시야를 이용하고 있음을 알 수 있다. 주변시야는 정확한 시각정보를 얻을 수 없으므로 스위치를 설계할 때에는 이를 고려하여 눈에 잘 띄는 빨강, 파랑색을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 좋은 품질의 재료를 사용하여 변색이 되지 않도록 하여야 한다.

(4) 작업자는 가장 위험한 순간이며, 제품이 만들어지는 순간인 상형과 하형이 만나는 순간을 자주 보기

때문에 이 순간을 작업자가 볼 수 있도록 프레스 설계시 고려하여야 한다고 생각된다. 따라서 자동화되어 완전히 밀폐된 프레스라도 이 순간을 볼 수 있도록 한 부분을 투명한 재료로 만드는 것이 바람직하다.

본 논문에서 얻어진 결론들은 프레스의 인간공학적 설계에 이용될 수 있으며, 이러한 인간공학적으로 설계된 프레스는 생산성 향상뿐만 아니라 산업재해를 예방하는 데 도움이 될 것으로 생각된다. 또한 본 논문의 연구방법은 프레스 기계뿐만 아니라 로울러기, 선반등과 같은 위험기계에도 적용할 수 있어 그 응용 범위가 많을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Hella,F., Tisserand,M., and Schoula,J.F., Visibility requirements for the drivers stand of lift trucks, *Applied Ergonomics*, 19:225-232, 1988.
2. Hella,F., Tisserand,M., and Schoula,J.F., Analysis of eye movement in different tasks related to the use of lift trucks, *Applied Ergonomics*, 22:101-110, 1991.
3. Itoh,Y., Hayashi,Y., Tsukui,I., and Saito,S. The ergonomic evaluation of eye movement and mental workload in aircraft pilots, *Ergonomics*, 33(6):719-733, 1990.
4. Mourant,R.R., and Rockwell, T.H., Mapping Eye-Movement Patterns to the Visual Scene in Driving : An Exploratory Study, *Human Factors*, 12:81-87, 1970.
5. Mourant,R.R., and Rockwell, T.H., Strategies of visual search by novice and experienced driver, *Human Factors*, 14:325-335, 1972.
6. Robinson,G.H., Erickson,D.,J.,Thurston,G.L., and Clark,R.L., Visual search by automobile driver, *Human Factors*, 14:315-323, 1972.
7. Yamamoto,S., and Kuto,Y., A method of evaluating VDT screen layout by eye movement analysis, *Ergonomics*, 35(5):591-606, 1992.
8. Shinar,D., Mcdowell,E.D., and Rockell, T.H., Eye movement in curve negotiation, *Human Factors*, 19:63-71, 1977.
9. Wierwille,W.W., Rahimi, M., and Casali, J.G., Evaluation of 16 measures of mental workload using a simulated flight task emphasizing mediational activity, *Human Factors*, 27:489-502, 1985.