

체계적인 접근방법을 통한 양손공구의 인간공학적 디자인

유재우

강남대학교 산업공학과

요약

기술의 발달로 인하여 인간이 사용하는 많은 공구들은 전동화되어 사용의 간편함과 아울러 작업성능의 획기적인 변화를 이루었다. 그러나 이는 반대로 누적외상병이나 VWF(Vibration induced White Finger)와 같은 새로운 문제점과 함께 중량의 증가로 인체에 더 많은 부하를 안겨 주는 부작용도 초래하고 있다. 현대의 많은 수공구들은 그 중량과 반발력을 지탱하기 위하여 대부분 양손으로 작동하도록 설계되어 있으며, 제품의 성능의 향상에만 그 초점이 맞추어져 왔고 사용자의 안전과 편의성은 상대적으로 무시되어 왔다. 이에 본연구에서는 이러한 양손공구의 인간공학적 설계를 위한 체계적인 접근방식을 제시함으로써 산업디자인에 활용됨과 함께 유사한 제품의 디자인에도 응용될 수 있는 바탕을 마련하고자 한다.

1. 서론

Handtool에 관련된 연구는 그동안 특정공구를 중심으로 다수 이루어져 왔지만, 체계적인 접근방법을 개발해 이를 활용한 사례는 별로 없었다. 이는 기술의 발달과 함께 공구의 형태가 다양해지고 인체 데이터가 이와 관련하여 충분히 구비되어 있지 않았기 때문이라 사려된다. 특히 양손으로 작동하는 공구들은 최근에 이들의 전동화와 함께 다양한 형태로 선보이고 있으나, 대부분의 추세가 앞서나온 제품들의 형태를 모방하고 있음은 주지의 사실이다. 또한, 공구의 디자인 과정에서 인간공학적인 배려의 부족으로 사용자에게 예기치 않았던 불편과 안전을 위협하는 존재로 인식되기도 한다.

최근의 수공구들의 개발형태는 성능을 앞세운 전동공구들이 주종을 이루고 있으며 따라서 이들도 대부분 중량의 증가와 반발력의 지탱을 위하여 양손으로 사용하게끔 제작되고 있다. 그러나 양손을 사용하는 경우 인간의 동작가능성은 현저히 제한받게 되고 한손으로 사용하는 공구와 달리 Grip만을 그 디자인의 주 대상으로 해서서는 안된다. 따라서 이 경우 더욱 복잡한 접근 방식을 필요로 하게 되는데, 아직까지 이에 대한 연구는 미비한 실정이다. 본연구에서는 양손으로 사용

하는 공구의 디자인에서 고려되어야할 인간공학적인 요소에 대하여 설명하고 그 접근방법을 제시하고자 한다.

수공구의 Grip형태에 따른 분류는 그림 1과 같이 나타낼수 있는데, 여기서는 두개의 고정된 Grip을 가진 공구를 그 대상으로 한다.

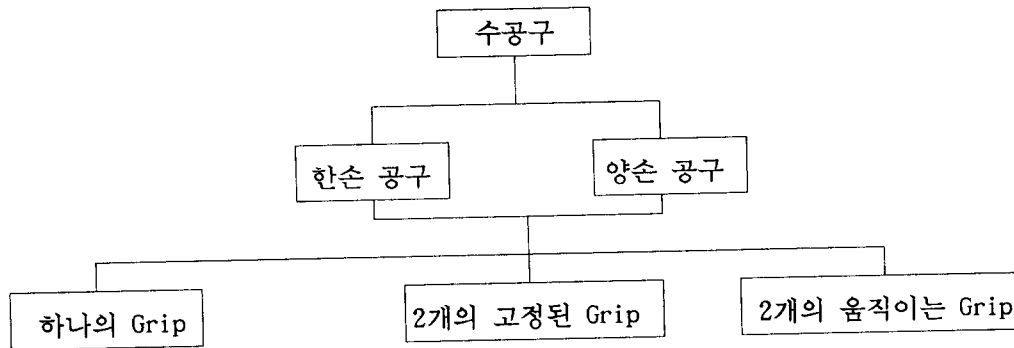


그림 1: Handtool의 Grip형태에 따른 분류

2. Closed kinematic chain에서의 인간의 동작특성

양손으로 사용하는 공구의 디자인을 위하여 요구되는 조건들은 한손으로 사용하는 도구들에서의 것보다 훨씬 복잡한 요소를 수반한다. 먼저 인간의 동작에 관련하여서는 운동학적인 측면에서 양손으로 하나의 도구를 잡을 경우 Closed kinematic chain의 형태로 그 동작 가능성은 현저하게 제한되게 된다. 즉, 양Grip(혹은 하나의 Grip)으로부터 어깨를 통하여 인간의 상체는 제한된 영역에서만 동작할 수 있게 되어 인간의 동작 가능성에 대한 보다 세심한 고려가 필요하다.(그림 2)

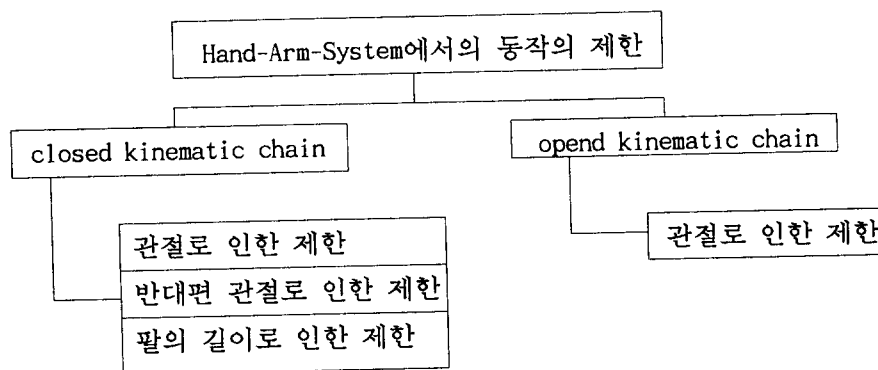


그림 2: Hand-Arm-System의 동작제한

따라서 양손으로 작동하게되는 공구의 디자인을 위한 체계적인 접근방식은 한손으로 사용하는 공구의 경우와는 근본적으로 다른 문제로 취급되어야 한다.

먼저 한손으로 사용하는 공구의 경우 작업의 특성중 속도와 정밀도에 상대적으로 비중을 두고 있으나 양손으로 사용하는 공구의 경우에는 공구자체의 특성이나 작업의 성격이 힘의 전달에 더 치중되고 있다고 할 수 있다. 동시에 사용자는 이를 조정하는 기능도 발휘하여야 함으로 양손의 Coordination이 공구의 설계에 있어 가장 중요한 문제로 부각되게 된다.

양손으로 공구를 사용하는 경우 많은 경우 오른손(Dominant Hand)은 공구를 조정하는 역할과 동시에 힘의 전달에 사용되고 왼손(Nondominant hand)은 주로 공구를 지탱하거나 힘을 전달하는 기능에 더 치중하고 있다.

양손으로 전달할 수 있는 힘의 크기는 동작의 종류와 방향에 달려 있다. 즉, handle의 회전력은 양손일 경우 한손으로 회전할 때보다 2배로 커지고 신체의 중심에 있는 손잡이를 밀거나 당기는 힘도 2배로 나타나지만 신체와의 거리에 따라 50%정도 까지 감소되거나 한손의 경우와 다름없어지기도 한다.

Tracking실험에 의하면 그 Performance는 손잡이의 형태와 표면의 특성에 따라 현저한 차이를 보이게 된다. 일반적으로는 실린더형의 손잡이가 가장 우수한 것으로 나타나고, 전달되어야 할 힘이 0.4N 이상일 때는 표면에 프로필을 주는 것이 좋다.

3. 디자인을 위한 체계적 접근방법

3-1. 공구의 Form과 Dimension

인간의 근력을 기준으로 할 때 한손으로 사용하는 공구는 2.3kg, 양손으로 사용하는 경우에는 15kg을 초과하지 않아야 한다. 특히 한손으로 사용하는 공구는 회전 Moment가 걸리는 경우 이를 최소화하여야 하며, 가능한 0.4kg 이내에 머무르는 것이 좋다. 심한 진동을 수반하는 전동공구의 경우에는 이를 지탱하기 위해 공구자체의 무게를 어느 정도 무겁게 제작하는 것이 필요하다. 또한 수공구들은 일반적으로 이동시 한손으로 신체 가까이 붙여서 운반함으로 작업준비에 또다른 동작이 필요없도록 무게중심을 고려하여 가능한 손잡이의 중앙에 위치토록 한다. 여기서 전동공구의 경우 연결되는 전선코드 역시 공구의 일부분이므로 너무 굵고 단단한 재질은 피하는 것이 좋다. 특히 납땀인두와 같이 한손으로 정밀한 작업을 요하는 경우에는 전선의 반발력이 손가락에 직접적으로 큰힘을 미치므로 각별한 배려가 필요하다.

전동공구의 형태는 왕복운동으로 이루어지는 것과 회전력을 이용한 것의 두가지 형태로 나누어 지는데 왕복운동의 경우 진동이, 회전운동의 경우에는 반발력을 사용자가 지탱하기 위해서 그 힘이 12 inch-pound(약 1.36Nm)를 넘지 않도록 한다.

3-2. Grip의 디자인

공구에서 Grip은 가장 중요한 부분이다. 양손으로 사용하는 공구의 Grip을 디자인하기 위한 체계적인 접근방식은 다음그림 3과 같다.

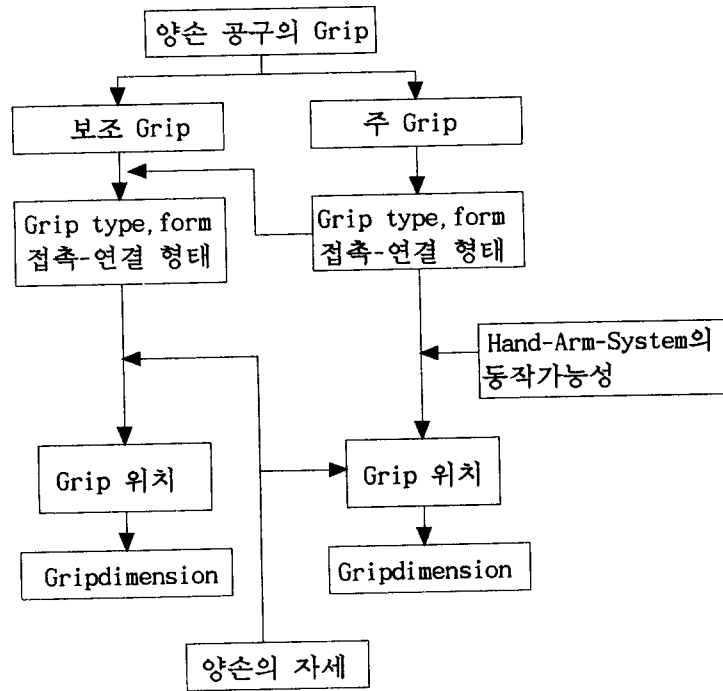


그림 3: 양손공구의 Grip의 설계를 위한 체계적인 접근방식

양손으로 사용하는 공구의 사용시 불편한 신체자세가 자주 나타나게 되는 데 이는 대부분 적절하지 못한 Grip의 형태나 위치에 기인한다고 할 수 있다. 이러한 불편한 자세는 약한 근육이나 관절에 심한 부담을 주게되므로 양 Grip은 서로 동작에 제한을 주지 않도록 그 간격이나 각도에 각별한 배려가 필요하다. 일반적으로 다음의 원칙들을 지켜서 설계되는 것이 좋다.

- 가능한 주 Grip에 큰 힘이 전달될 수 있도록한다.
- 보조 Grip은 특수한 형태보다는 고쳐잡기에 편리한 형태, 예를들면 실린더형과 같은 것이 무난하다.
- 양 Grip의 각도와 위치는 양손의 관절의 동작범위 내에 있도록 한다.
- 양손의 동작은 동시에 시작되고 끝날 수 있게 한다.

Grip의 설계에 영향을 미치는 요소로는

- 작동방향,
- 작동방향에 따른 사용자의 자세,
- 인간의 동작범위,
- 신체로 부터 연결되는 힘의 전달방향,
- Grip과 손의 접촉형태 등이다.

Grip의 설계에 앞서 먼저 사용에 따른 작업형태의 분석이 선행되어야 하는데, 이에 따라 사용자의 어떤 기능이 더 요구되고 있는가가 밝혀져야 한다. 이러한 요구조건에 따라 설계되는 Grip

의 형태를 기능을 중심으로 분류하면

- Power Grip: 힘의 전달을 주 목적으로 하는 형태,
- Precision Grip: 정밀한 동작을 요구하는 형태,
- Alternative Grip: 양쪽의 기능이 동시에 요구되는 형태로 나눌 수 있다.

Power Grip의 힘의 전달방향은 아래팔의 축과 평행의 방향 혹은 회전방향이 유리하다. 고도의 정밀한 동작이 요구되는 경우에는 한손으로 사용되는 "쥐기"형태의 Grip이 사용되지만(필기구, 숟가락, 가위등) 최근에는 수공구들이 전동화되면서 양쪽의 기능을 동시에 요구하는 것이 늘어나고 있다. 전동 드릴과 같은 것이 대표적인데 이 때에는 Alternative Grip으로 Pistol형태나 다양한 형태로 접촉할 수 있는 Multi Grip이 사용되기도 한다. Hook Grip도 이러한 Alternative Grip의 하나인데, 엄지 손가락이 빠지더라도 들거나 당기는데에는 Power Grip과 다른없는 큰힘을 전달할 수 있다. 이것은 힘의 전달방향이 손목을 통하여 변화되지 않고 아래팔의 축과 일직선에 노이기 때문인데, 이러한 Hook Grip이 활용될 수 있는 경우는 다음과 같다.

- 대상물을 한쪽 방향으로 들 때
- 대상물을 허리높이까지 들어 올릴 때
- 대상물을 끌 때
- 대상물을 머리 위에서 아래 쪽으로 당겨 내릴 때

Grip의 손과의 접촉형태는 잡기(Grasp), 쥐기, 접촉(Contact)로 분류되며, 연결 형식은 마찰연결과 형상연결로 분류된다. 이를 작업이 요구하는 조건인 반발력, 정밀도, 속도, 힘의 전달, 지속시간으로 정리하면 다음 표 1과 같다.

| 접촉-연결 형태 작업요구조건 | 접촉(Contact)Grip | | 쥐기Grip | | 잡기(Grasp)Grip | |
|--------------------|-----------------|------|--------|------|---------------|------|
| | 형상연결 | 마찰연결 | 형상연결 | 마찰연결 | 형상연결 | 마찰연결 |
| 큰 반발력 | + | - | ++ | + | ++ | ++ |
| 높은 정밀도 | + | ++ | ++ | ++ | - | + |
| 빠른 작업속도 | + | ++ | - | ++ | - | + |
| 큰 힘의 전달 | ++ | - | + | - | ++ | + |
| 긴 작업시간 | ++ | - | + | - | ++ | + |

표 1: 작업요구조건과 Grip과 손의 접촉형태 및 연결방식

Grip의 Dimension은 사용자에게 전달되는 부하와 함께 Performance에도 직접적으로 영향을 미친다. 이 단계에서 고려되어야 할 요소로는 다음 그림 4에서와 같이 손의 크기 및 Grip과의 접촉-연결 형태가 있다.

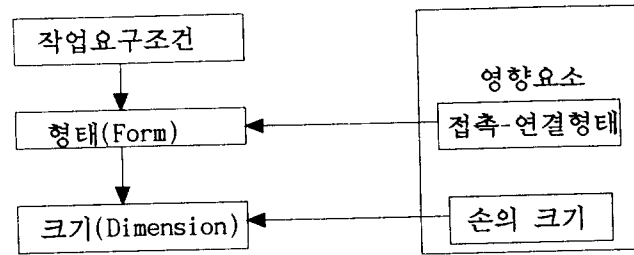


그림 4: Grip Dimension에 영향을 미치는 요소

이외에도 Grip의 재질이나 표면처리도 중요한 부분이며 이에 대한 연구결과는 이미 많이 나와 있다. 무엇보다도 Grip의 재질을 선택할 때에는 외부로 부터 전달되는 에너지(예:고온의 열, 전기)로 부터 손을 보호할 수 있는 것을 선택하여야 하며 표면은 피부에 국부적인 마찰이나 압박을 주지 않도록 하여야 한다.

4. 결론

수공구는 기술의 발달과 함께 많은 작업들이 자동화를 이루고 있는 오늘날에도 아직 광범위한 분야에서 널리 사용되고 있다. 산업재해의 통계를 보더라도 수공구로 인한 재해는 많은 비중을 차지하고 있고 그 강도는 오히려 더 높아져가고 있다. 이는 사용자와 공구의 조화가 적절히 이루어지지 못함에서 생겨나는 경우가 많으며 중량의 증가와 성능의 향상으로 인한 반발력으로 사용자에게 더 많은 부하를 전달하기 때문이다. 갈수록 늘어나는 새로운 공구의 개발은 인간공학적인 측면의 고려가 결여되어 있으면 사용자에게는 오히려 부담스러운 존재로 변할수 있다. 따라서 공구의 설계에는 체계적인 방식으로 이를 다루어 나가는 것이 무엇보다도 필요하다. 인간의 동작의 한계와 특성을 고려할 때 양손으로 사용되는 공구들은 한손으로 사용되는 공구와 비교하여 전혀 새로운 방법이 필요하며, 이를 위하여는 인간의 동작 특성에 관한 많은 기초 연구가 필수적이나 특히 양손의 Coordination에 관련된 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서 소개된 내용이 실제적으로 응용되기 위하여는 지속적인 연구가 있어야 할 것으로 사려된다.

참고문헌

1. An, K.N., Askew, L.J., Chao, E.Y.: Biomechanics and functional assesment of upper extrmities, Trends in ergonomics, 1986, pp.573-580
2. Bullinger, H.J.: Gestaltungssystematik fuer Arbeitsmittel, Bonn 1979
3. Bullinger, H.J., Solf, J.J.: Ergonomische Arbeitsmittelgestaltung II, Dortmund 1979
4. Burandt, U.: Ergonomie fuer design und Entwicklung, Koeln 1978
5. Cochran, D.J., Riley, M.W.: An evaluation of handle shapes and size, Proceeding of the human factors society, 1982, pp.408-412
6. Drury, C.G.: The role of hand in manual material handling, Ergonomics, 28(1985), pp.

213-227

7. Feggeler, A., Yoo, J.W., Hornung, V.: Ergonomische Gestaltung von Handgefuehrten elektromotorischen Arbeitsmitteln, Dortmund 1992
8. Fraser, T.M.: Ergonomic principles in the design of handtool, Geneva 1980
9. Freivalds, A.: The ergonomics of tool, International review of ergonomics, 1(1987), pp. 43-75
10. Hartung, E., Dupuis, H., Scheffer, M.: Einfluss der Grief- und Andruckkraft am Handgriff unter Schwingungsbelastung auf die akute Beanspruchung des Hand-Arm-Systems, Zeitschrift fuer Arbeitswissenschaft, 45(1991)3, pp. 174-179
11. Jenik, p.: Biomechanische Analysis ausgewaehlter Arbeitsbewegung des Armes, Berlin 1972
12. Konz, S.: Design of handtools, Proceeding of annual meeting of the human factors society, 18(1974), pp. 292-300
13. Otto, p., schlegel, K.-F.: Funktionelle Anatomie der Gelenke, Stuttgart 1980
14. Phesant, S.T., O'Neill, D.: Performance in gripping and turning-Astudy in hand/handle effectiveness
15. Radwin, R.G., van Bergeijk, E., Armstrong, T.J.: Muscle responce to pneumatic hand tool torque reaction force, Ergonomics, 32(1989), pp. 655-673
16. Schultz, M.: Ergonomie bei handgefuehrten Elektrowerkzeugen, Schlussbericht IVSS, Wien 1989, pp. 50-53
17. Terrel, R., Purswell, J.L.: The influence of forearm and wrist orientation on static grip strength as a design criterion for hand tools, Proceeding of the annual meeting of the human factors society, 20(1976), pp. 28-32