압착식 파이프연결 배관부품의 프레스금형 제조공법 기술 개발

Manufacturing Technology of Press Die for Compression-type Pipe Joint

*이희진[1], #류호연[1], 김형재[1], 조형호[1], 배승범[2]
*H. J. Lee[1], #H. Y. Ryu(hyryu@kitech.re.kr)[1], H. J. Kim[1], H. H. Jo[1], S. B. Bae[2]
[1] 한국생산기술연구원, [2] 에스비씨(주)

Key words : Expanding forming, Culling forming, Crack, Pressing tool, Leak tester

1. 서론

우리나라의 금형산업은 소자본과 단순설비만으로 기업 운영이 가능하였기 때문에 오늘날의 국내 금형산업은 전형적인 중소기업 형태로 성장하였다. 이와 같은 영향으로 대부분의 기업들은 영세하여 낮은 보수와 열악한 근무환경으로 인해 이직률이 높고 기술축적도 어려운 실정이다. 또한 금형의 수요업체는 대량생산이 필요한 대기업이 주를 이루고 있어 공급업체인 중소기업들 간의 과다경쟁으로 금형가격이 하락됨으로써 경영여건은 날로 어려워지고 있다.

국내기업들이 보유한 금형산업의 기술적 부가가치는 점차 줄어들게 되고, 특히 중국 및 동남아시아 주변국들로 인건비가 저렴한 국가들의 가격 경쟁력 추격과 기술력 향상으로 점차 국내 금형산업은 설자리를 잃어가고 있다. 더욱이 젊은 세대에서 쇠(steel)와 관련이 있는 산업은 3D직종으로 꺼려해서 국내 금형산업의 어려움은 더욱 증폭시키고 있다. 그러므로 앞으로는 고부가가치의 핵심부품 개발에 의해 고정밀급 및 고생산성의 금형기술이 필요하다.

최근 기후의 변화로 인해 가전기기인 에어컨의 수요가 급속도로 높아지고 있으며, 사무실 및 가정의 이사 등으로 인해 에어컨의 위치변경 등이 많아지고 있어 이에 대한 작업공정을 변화시키는 것이 필요한 시점에 와 있다. 현재 에어컨의 실외기와 실내기를 연결하는 방식으로는 볼트와 너트를 이용하는 방법과 플랜지를 이용하여 연결하는 방법, 그리고 용접으로 연결하는 방식이 많이 사용되어지고 있다. 하지만 이 세 작업 모두 작업현장이 비좁을 경우에는 파이프의 연결작업을 확실히 할 수 없어서 체결이 불확실한 공정을 갖는다. 체결이 불확실한 경우에는 연결부에서 냉매가 누수 되는 문제가 발생하게 되므로 작업자가 많은 시간을 소비하게 되는 공정으로 인건비의 상승을 나타내는 부분이기도 하다. 그리고 용접작업에 의해 체결하는 방식은 작업자의 안전공간 확보가 필수요소이며 용접불량으로 냉매가 흘러나올 경우 부식에 의해 품질 문제를 발생시킨다.

따라서 모재의 파이프와 부재의 파이프를 연결시키는 파이프 연결배관 부품(Φ7.94mm, Φ9.52mm)을 생산하는 과정에서 기업이 어려움을 겪고 있는 프레스 금형공정을 개발하여 제품의 생산을 원활하게 하고, 프레스의 원리를 이용하여 모재의 파이프와 파이프연결배관 부품을 소성변형시켜 압착시키는 방식의 공구를 제작하여 제조현장 trouble shooting을 줄일 수 있는 파이프 연결부품의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 파이프연결부품의 프레스작업 생산현장의 부품생산을 위한 프레스금형을 개발하는 것을 비롯하여, 파이프연결부품을 모재의 파이프와 연결시키는 공구를 개발하여 파이프 연결 작업현장의 작업성과 생산성을 높이고 품질의 안정화를 확보하는 연구를 수행하고자 한다.

2. 파이프연결 배관부품의 프레스금형

파이프 연결부품을 성형하기 위한 금형을 설계하기 위해서는 부품도를 확정하고 부품과 부품이 연결되는 부위의 치수공차를 결정하여 금형의 부품치수와 연결하여 부품제작을 하여야 한다. 파이프연결부품은 Al 7.8×1.3, Al 9.6×1.2, Cu 7.8×0.7 3가지 타입으로파이프의 직경 변화를 두어 제품을 만들어 사용하였다.

기존 부품도는 1차, 2차 확관(expanding) 성형시 성형의 과다(확관율 70% 이상)로 파이프가 터짐(crack) 및 뜯김 등 재료 성형시 불량현상이 많이 발생하므로 최적 성형조건의 금형설계와 제작을 위해 CAE 성형해석을 수행하였다. 그리고 기존 2D 설계의 한계인 펀치(punch)와 다이(die) 및 소재간의 간섭검사 및 부품도와 조립도의 불연계로인한 설계 수정 시 발생하는 치수 누락 및 오류와 유사한 사양의 제품개발 시 반복적인 설계업무를 감소하기 위해 매개변수(parametric)방식의 3D 설계를 통하여 부품도와 조립도 및 2D/3D 설계자동화를 구현하고자 하였다.

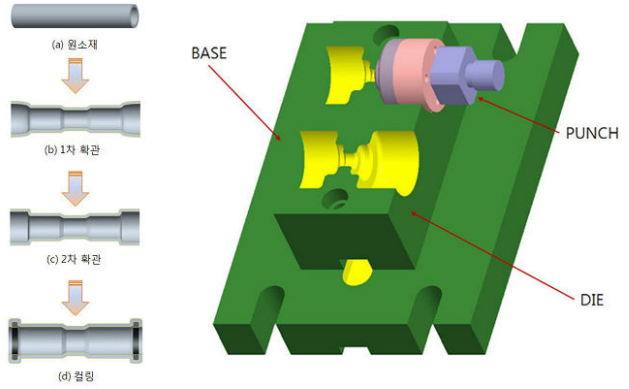

Fig. 1 Process and assembly 3D drawing of press die

정치수로 절단되어 면치공정을 거친 성형용 파이프는 1차 성형공정의 금형위 중앙에 놓여져 제품이 대칭인 관계로 양쪽에서 성형이 이루어지도록 설계하였다. 금형의 다이위 중앙에 놓여진 파이프 부품은 프레스가 작동되면 상형금형이 하강하여 재료를 정중앙에서 고정시켜 준다. 이때 프레스의 사이드에서 펀치가 연결 된 금형이 다이 속으로 밀려 들어 오며 재료를 펀치의 성형곡률반경으로 성형하게 된다. 기존 연결배관 파이프의 성형시 70% 이상 확관율로 인한 성형과다로 발생했던 터짐현상을 개선하고자 1차 확관율을 54%(=W4/W2) 이하로 금형을 설계하였으며, CAE 성형해석 및 3D 모델링으로 치수오류로 인한 문제점을 파악하고 치수를 수정하여 설계/제작하였다.

1차 확관으로 성형된 부품은 2차확관 공정으로 이송시켜서 2차 확관 공정을 1차 확관 공정과 같이 진행하게 되고, 1차 확관에서 성형이 이루어지지 않은 코너 모서리의 성형각을 정확하게 잡아주며 파이프를 성형한다. 컬링공정은 2차 확관이 성공적으로 이루어지면 링을 끼워서 압착식으로 프레스를 밀어 링을 감싸게 되는데, 컬링 펀치와 다이의 2D 부품도면을 근거로 컬링 공정을 조립도를 3D 설계하여 컬링 펀치, 다이, 소재와의 간섭과 컬링 펀치의 치수 오류를 분석하고 수정하였다.

금형은 상형부와 하형부로 나뉘어져서 파이프의 재료를 다이부 중앙에 고정시키도록 하였고 펀치부는 좌우측의 사이드에서 밀려들어 오게 설계하였다. 금형의 상형부와 하형부의 정밀도를 제어하기 위해 FB 타입의 가이드핀을 설치하였고, 금형은 총 3세트가 제작되어 1차 확관 펀치와 2차 확관 펀치, 컬링펀치를 제작하였다. Fig.2는 1차(앞), 2차(뒤) 확관 성형을 수행하기 위해 시편을 금형에 올려놓은 것과 확관을 완료한 상태를 보여준다.

우선 프레스 성형작업을 수행하기 위해서는 알루미늄소재와

동 소재를 1차와 2차 확관 성형에 맞게 치수(전체길이 74mm)를 절단하고, 버 및 불순물을 제거 한 뒤 프레스성형을 실시한다.

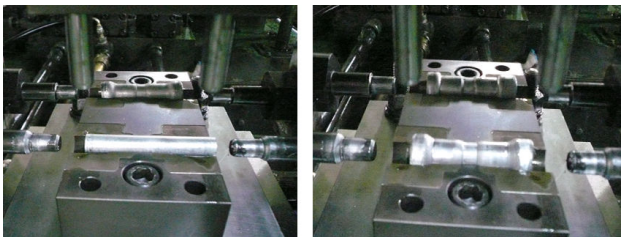

Fig. 2 1st and 2nd expanding forming of press die

1차 확관과 2차 확관 성형은 하나의 금형세트에서 수행을 하였고, 우선 1차 확관을 성형 후 수작업으로 성형시편을 뒤에 있는 2차 확관 성형부로 옮기어 1차 확관과 동시에 성형을 할 수 있도록 하였다. 이때 1차 확관의 사이드 펀치 압력은 12㎏/㎠, 2차 확관사이드 펀치 압력은 7㎏/㎠으로 조정하였고, 시편을 잡아주며 전체적인 성형의 형상을 잡아주는 다이는 주실린더에 연결되어 18㎏/㎠으로 하중을 가해 성형하였다. 2차 성형이 완료된 시험편은 컬링을 하기 위해 사이징절단(Al 9.52는 성형 R 부위로부터 8mm, Al 7.94와 Cu 7.94는 성형 R 부위로부터 7mm를 면치하여 사이징작업을 하여 컬링작업을 하였다.

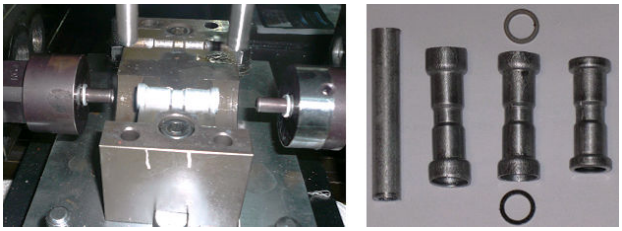

Fig. 3 Culling forming of press die and produced parts

컬링 작업시에는 시험편의 양쪽에 링을 삽입하여 컬링공정을 하게 되는데 링을 삽입하는 이유는 파이프연결부품이 모재와 결합시 압착기에 압력에 의해 찌그러지거나 구부러지는 현상을 방지하기 위해 강성이 있는 스테인리스 재질을 사용하였다. 컬링 공정은 링을 2차 확관 된 성형재료를 금형내부에서 원주방향 안쪽으로 벤딩성형 하듯이 구부려 넣는 과정을 거쳐 치수를 맞추도록 하였다. 수차례의 수정과 실험을 거쳐 실시한 프레스 성형결과 각 재질별에 따라 모두 양호한 파이프연결부품을 얻을 수 있었다.

3. 프레스 압착공구

프레스 성형이 완료된 파이프연결부품을 사용자가 사용하기 편리하고 파이프연결부품이 성형이 쉽게 이루어져서 압착이 잘 될 수 있는 공구를 설계하도록 구상하여 Fig.3과 같이 3차원 모델링을 하였으며, 하나의 압착공구에서 압착툴을 교체하여 여러 종류의 파이프 들을 압착할 수 있도록 설계하여 작업자의 편리성도 갖게 하였다.

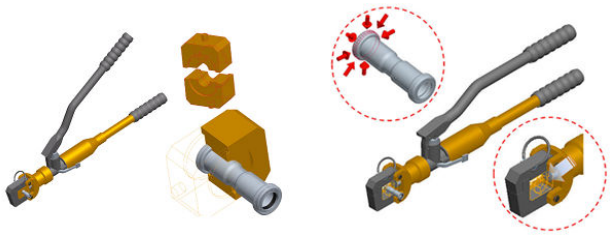

Fig. 3 3D modeling of pressing tool

프레스성형 된 파이프연결부품의 컬링부가 위치에 잘 맞도록 설계하여 진원을 가져 압착 후에도 내용물이 흘러 나오지 않도록 설계하였다. 파이프연결 배관을 압착공구에 끼워서 유압력이 공구툴에 작용하면 컬링부위에 압착력이 작용하게되는데, 손잡이에 있는 유압실린더가 작동하여 툴을 진원으로 압착시켜서 파이프연결부품을 압착 성형시키게 된다.

제작된 압착공구를 사용하여 모재파이프와 파이프연결부품을 연결시키는 압착성형을 수행하였고, 작업방법은 파이프를 연결하여 압착성형시 파이프연결부품의 규격에 맞는 툴을 유압압축기의 작동부에 연결시키고 유압작동부를 작동시켜 압착성형하였다. Fig.4는 압착공구에 의한 압착성형과 성형재질별로 압착실험을 수행한 제품들을 나타내고 있다.

Fig. 4 Pressing and forming products

제품을 검증하기 위하여 제작된 압력시험기는 물을 이용하여 시험테스트로 제작된 파이프연결부품의 내부로 보내며 압력을 가하게 되는데, 시험편을 각 재질별로 제작하여 한쪽 끝은 용접으로 파이프의 연결부를 막았고 다른 한쪽은 압력시험기의 압력을 가할 수 있도록 나사부를 만들어 본재의 파이프와 용접으로 연결하였다. 중간 부위에서 파이프연결부품을 압착성형기로 연결시킨 후, 압력을 50㎏/㎠ 정도까지 가압 가능함으로써 수요기업에서 요구하는 30㎏/㎠ 보다 높은 결과 값을 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 파이프연결 배관부품을 기존의 볼트체결 및 용접 등에 의한 방식에서 모재의 파이프에 프레스에서 생산개발된 파이프연결 부품을 삽입하고, 제작된 압착공구를 활용하여 연결부위를 원터치 방식으로 소성변형시켜 영구적으로 연결재와 모재를 프레스 압착시키는 공법을 개발하였다. 이에 따라 모재인 파이프와 연결재인 부재가 완벽하게 밀착되어 냉매가 누수되거나 부식이 발생하지 않았다. 본 기술을 토대로 초소형 냉매용 파이프연결 배관부품을 비롯하여 프레스 생산 공정개선에 다양한 변화를 추구할 수 있을 것으로 사료된다.

후기

이 연구는 지식경제부 부품·소재전문기업기술지원사업을 통해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Hutota, T., "Databook of Pressworking Process Design," Press Tech, Vol.7, No.13, High Tech. Paper Co., 1969.
2. Eary, D. and Reed, D., "Techniques of Pressworking Sheet Metal," Prentice Hall, Inc, 1974.
3. Gawa, I. "Pressworking of Thin Sheet Metals," Sitsu Gey Publsishing Co., 1977.
4. Keys, K., "Innivations in Die Designs," SME, 1982.