

# 동관을 이용한 일체형 방열핀의 전조공정에 관한 연구

\*김현수<sup>1</sup>, 차정도<sup>2</sup>, 김태규<sup>3</sup>, 김용조<sup>4</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 기계자동화공학부, <sup>2</sup>(주)대륙 씨엔에이, <sup>3</sup>부산대학교 나노시스템공정공학과, <sup>4</sup>경남대학교 기계자동화공학부

## A Study on Roll Forming of a Copper Finned Tube

\*H. S. Kim<sup>1</sup>, J. D. Cha<sup>2</sup>, T. K. Kim<sup>3</sup>, Y. J. Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Div. of Mech. Eng. & Auto., Kyungnam Univ., <sup>2</sup>Dae-Ryung C&A Co., Ltd, <sup>3</sup>Dept. of Nano System & Process Eng., Pusan National Univ <sup>4</sup>Div. of Mech. Eng. & Auto., Kyungnam Univ.

Key words : finned tube, high-finned tube, roll forming, roll forming disk

### 1. 서론

열교환기, 냉동기, 가스터빈 쿨러 등의 냉각 효율을 올리기 위해 다양한 방법이 사용되고 있으며, 그 중에서도 관에 핀 형상을 내어 주어 방열 면적을 넓게 하는 방법이 널리 사용되고 있다. 이 때 핀의 높이가 높을수록 공기와의 접촉 면적이 넓어지므로 방열 효율이 향상되는 특성을 가지고 있다.

방열핀(fin tube)의 냉각 효율은 핀 형상, 핀 높이, 사용재료 등에 많은 영향을 받으며, 이에 대해 많은 연구가 진행되어 왔다. C.P. Tso 등<sup>1)</sup>은 방열핀의 핀 뿌리부의 형상과 두께가 열교환기의 방열 특성에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 연구하였고, W. Pirompugd 등<sup>2)</sup>은 평판형 방열핀의 열교환 특성에 대해 연구하였다. 이 밖에도 방열핀의 열효율 특성에 관한 연구들은 많이 찾아볼 수 있으나<sup>3-7)</sup>, 방열핀의 제조공정에 관한 연구는 거의 찾아볼 수 없다.

방열핀의 제조 공법으로는 다양한 방법을 사용할 수 있으나, 최근에는 두께가 두꺼운 관을 전조가공에 의해 핀과 관을 완전 일체형으로 생산하는 전조공법이 많이 이용되고 있다. 전조공법에 의한 하이핀 튜브의 제조시 핵심 기술로서는 가공 전 핀 소재의 최적화 기술, 전조가공을 위한 최적 금형형상 설계 기술 및 생산성 향상을 위한 생산 속도 제어기술 등의 중요한 기술을 들 수 있다.

본 연구에서는 전조 공법으로 하이핀 튜브를 제작하기 위한 전조기 시스템을 개발하였다. 또한 핀높이 15mm 이상의 하이핀 튜브를 제작하기 위한 다단 전조 다이를 설계/제작하고, 동관의 열처리 조건과 성분 조건을 다양하게 적용하여 하이핀 튜브 전조실험을 수행하였다. 전조된 하이핀 튜브의 조직, 경도, 치수 및 표면 상태 등을 분석하고 수정함으로써 핀높이 15mm의 하이핀 튜브 전조를 위한 전조 공정을 최적화 하였다.

### 2. 하이핀 튜브의 제조 공정

방열핀은 다양한 종류가 사용되고 있으며, 핀과 관을 완전 일체형으로 생산하는 것으로 핀 높이가 5mm 이하인 것을 로핀 튜브(low-finned tube)라 하며, 핀 높이가 8mm 이상인 것을 하이핀 튜브라 한다. 하이핀 튜브는 일반 튜브(plain tube)나 로핀 튜브에 비해 공기와의 접촉면적이 넓어 냉각효율이 우수한 특성을 가지고 있다.

방열핀의 효율을 향상시키기 위해서 다양한 제조공법이 개발되고 있으며, 핀 높이가 낮은 로핀 튜브의 경우 전조공법에 의해 생산되고 있으며 산업 현장에 많이 활용되고 있다.

하이핀 튜브는 Fig. 1에 나타낸바와 같이 두께가 두꺼운 동관이 3개의 전조 다이를 통과하면서 핀 형상이 성형되도록 하는 일체형 방열핀을 말하며, 핀높이 8mm 까지는 이미 국내에서도 많이 생산되고 있다. 본 연구에서는 핀높이 15mm 이상 전조할 수 있는 하이핀 튜브의 생산공정 시스템에 관해 연구하였다.

### 3. 하이핀 튜브 전조 공정 설계

고 효율의 하이핀 튜브를 제작하기 위해서는 방열핀 소재의 최적화 기술, 전조가공을 위한 최적 금형형상 설계 기술, 전조시 전조다이의 위치설정 등 다양한 공정설계변수가 있다. 이 중에서도 다단전조다이의 형상은 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

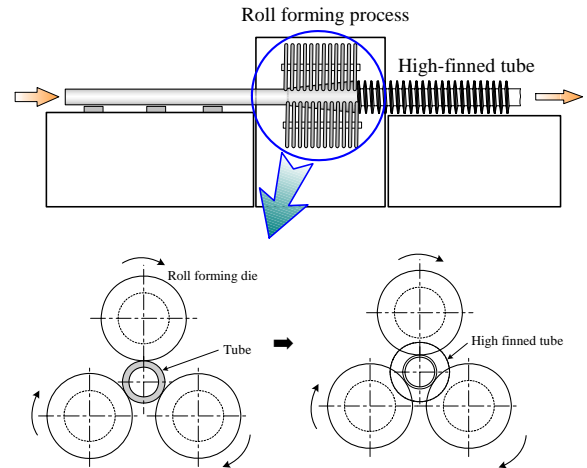


Fig. 1 Manufacturing process of high-finned tube

전조디스크 설계에 있어 핀 성형시 전조디스크에 큰 압력이 작용되는 것을 방지하기 위하여 전조다이에 Fig. 2에 나타낸바와 같은 특수 형상의 디스크 2개를 삽입하여 주었다. 전조디스크의 외경설계는 Fig. 4(a)에 나타낸바와 같이 변형 초기에는 성형이 진행됨에 따라 디스크 외경을 점점 크게 하고, 핀 성형 단계에서는 외경이 거의 일정하게 유지 되도록 하였다. 이 때 핀 높이가 높아질 수록 핀 뿌리부와 전조디스크 사이에 강한 압력이 발생되므로, 이러한 문제점을 방지하기 위하여 전조디스크 외경을 약간씩 감소되었다가 증가되도록 하고, 마지막 전조디스크에서는 핀 뿌리부의 형상을 정확히 성형할 수 있도록 디스크의 외경치수를 약간 크게 하여 주었다.

전조디스크의 두께는 변형이 진행될수록 점점 크게 증가시켜 주고 마지막 핀 두께 균일화 단계에서 다시 감소되도록 하여주었다. 디스크 두께가 균일하게 증가할 경우 성형된 핀이 전조디스크 사이에 강한 압력을 발생시켜 성형이 잘 이루어지지 않으므로 전조다이의 중간에 전조디스크 두께를 다소 얇게 적용한 디스크를 삽입하여 핀 뿌리부에서 핀 끝단부로 점차적으로 변형이 이루어지면서 핀 형상이 성형될 수 있도록 하였다.

디스크 끝단부 폭은 디스크 끝단부 높이 치수와 연관되어 설계하였으며, 변형초기에 일정하게 유지하다가 핀 성형단계에서는 핀 뿌리부 성형과 핀부 성형 과정이 반복적으로 이루어지도록 하기 위해 디스크 끝단부 폭의 넓고 좁음을 반복적으로 적용하여 주었다. 마지막 단계의 핀 균일화 단계에서는 두께를 넓게 적용하여 핀 뿌리부의 형상을 정확하게 성형할 수 있도록 하였다.

디스크 끝단부 높이는 변형초기에 핀 높이를 성형시키기 위해 디스크 외경치수의 증가와 함께 점점 증가시키다가, 핀 성형단계에서는 핀 뿌리부 성형과 핀부 성형 과정이 반복적으로 이루어지도록 하기 위해 디스크 끝단부 높이의 높고 낮음을 반복적으로 적용하여 주었다.

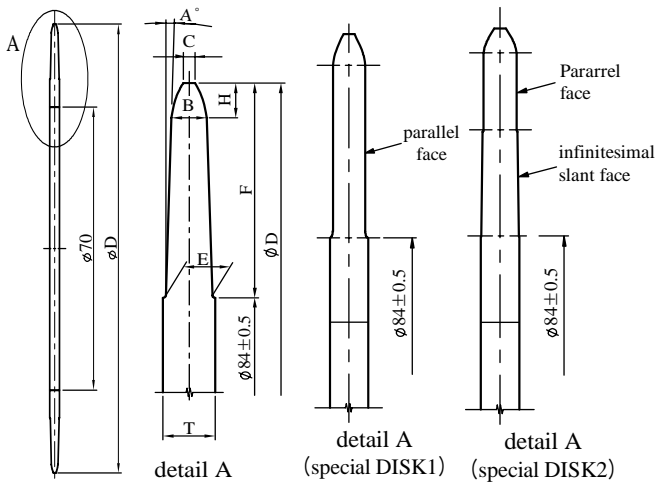


Fig. 2 Shapes and dimensions of roll forming die disks

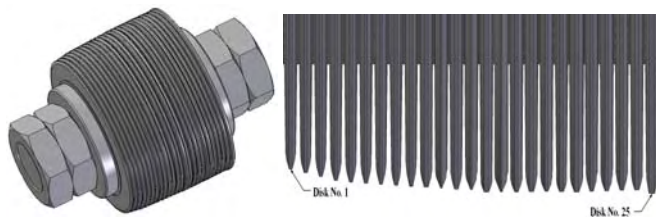


Fig. 3 Shapes of roll forming die

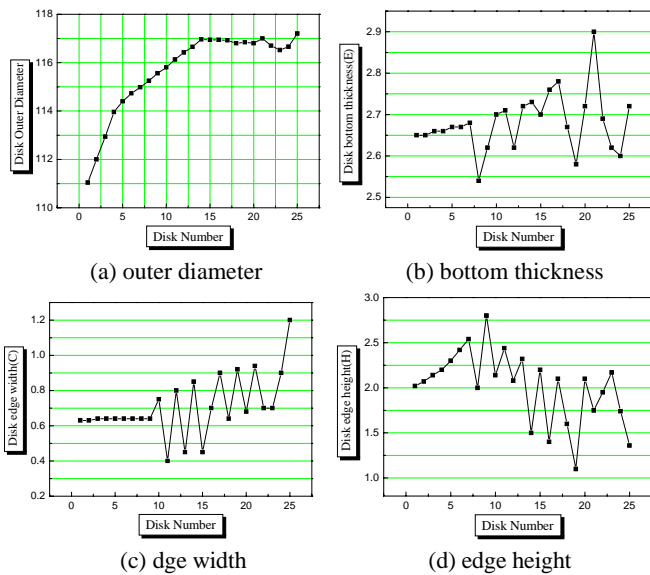


Fig. 4 Dimensional changes of each disk

#### 4. 하이핀 튜브 전조 실험 및 분석

##### 4.1 하이핀 튜브 전조 실험

개발된 디스크를 순서대로 조립하여 다단전조다이를 제작하고 전조기에 장착하여 핀높이 15mm 이상을 얻기 위한 전조실험을 수행하였다.

다양한 조건을 적용하여 전조 실험을 수행하고, 전조된 하이핀 튜브의 치수 및 표면 상태 등을 분석하였다. 이를 전조 디스크 설계에 반영하여 디스크 형상을 변경하고 다시 전조실험을 수행하는 과정을 수회 반복함으로써 최적의 전조공정 조건을 찾을 수 있었다. 전조공정으로 생산된 하이핀 튜브의 단면 형상을 Fig. 5에 나타내었고, 그 치수를 Table 1에 나타내었다.

##### 4.2 하이핀 튜브의 시험 및 분석

핀높이에 따른 열전달 방열효율 특성을 분석하기 위하여 열전도 방열효율 시험을 수행하였다. 하이핀 튜브 시료는 전체길이 400mm로 일정하게 하고, 핀높이 8, 10, 12, 15의 각기 다른 핀높이

를 적용하여 실험하였다. 열전도 방열효율 실험장치는 테스트 튜브에 가열된 유체를 공급하기 위하여 온수공급장치를 설치하였고, 항상 일정한 유량의 유체가 흐르는지 체크하게 위해 출구측 관에 유량계(Flow meter)를 설치하고, 테스트 영역에 일정한 속도의 공기를 작용시키기 위하여 송풍기를 설치하여 속도계로 이를 측정하였다.

Fig. 6에 열전도 방열효율 시험의 결과를 그래프로서 분석하여 나타내었다. 성능시험 결과 그래프에서 핀 높이가 높을수록 열교환 면적이 커 방열 특성이 우수하다는 것을 알 수 있으며, 핀높이 15mm가 핀높이 8mm에 비해 33.2%, 핀높이 10mm에 비해 25%, 핀높이 12mm에 비해서는 20% 정도 방열효율이 우수한 것으로 나타났다.

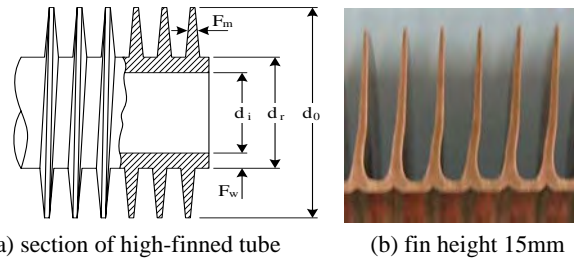


Fig. 5 Section of high-finned tube

Table 1. Dimension of high-finned tube

	h	d <sub>i</sub>	d <sub>r</sub>	F <sub>w</sub>	F <sub>m</sub>	d <sub>o</sub>
measurement dimension	15.24	17	19.2	1.0	0.51	49.68

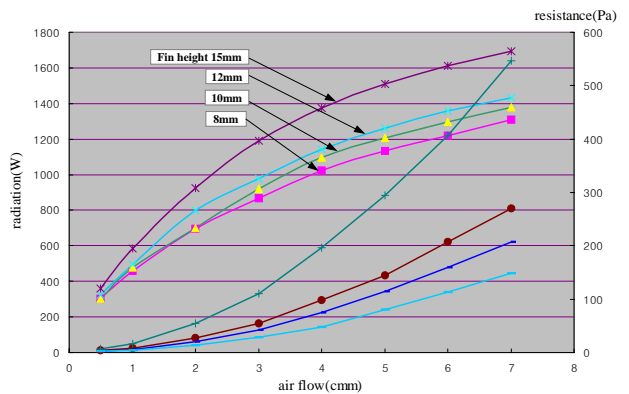


Fig. 6 Heat conduction test results

#### 5. 결론

본 연구에서는 열교환기, 냉동기, 가스터빈쿨러 등의 방열핀에 사용되는 하이핀 튜브를 제조하기 위한 전조공정에 대한 최적의 공정조건을 찾고자 하였다. 이를 위하여 다단 전조다이를 설계 제작하였으며, 하이핀 튜브 전조실험과 분석을 수행함으로써 다음과 같은 성과를 얻을 수 있었다.

- 1) 하이핀 튜브를 생산하기 위한 전조 디스크의 형상설계를 수행하고, 다단전조다이의 프로파일 치수를 확립하였다.
- 2) 전조실험을 통하여 하이핀 튜브를 제작하였으며, 핀높이에 따른 열전도 방열효율 특성을 분석하였다.
- 3) 이상의 과정을 조합하여 15mm 이상의 하이핀 튜브를 생산할 수 있는 전조공정 설계를 확립하였다.

#### 참고문헌

1. C. P. Tso, Y. C. Cheng and A. C. K. Lai, Applied Thermal Engineering, **26(1)**, 111-120(2005).
2. W. Pirompugd, S. Wongwises and C. C. Wang, Int. J. of Heat and Mass Transfer, **3**, (2005).
3. S. B. Genic, B. M. Jacimovic and B. R. Latinovic, Applied Thermal Engineering, **7**, (2005).