

• 현장실무 능력(Best Able Technician)을 높이기 위한 연구 논문

연강, Al, Cu-Zn판재의 밴딩가공 (close bending)에 있어서 패드(pad)의 영향

고 관영, 박 현기* 김 재훈*, 김 혁주*, 김 혜민*
정밀기계설계과

K.Y. Ko, H.K. Park, J.H. Kim, H.J. Kim, H.M. Kim
Department of precision machine design

〈요 약〉

본 연구는 자체 제작한 전체 패드(pad)가 부착된 밴딩금형을 이용하여 연강, Al, Cu-Zn판재를 밴딩(bending)가공하여 생산된 제품의 특성을 자유밴딩(open bending)하여 얻은 제품의 특성과 비교 분석하였다. 연강의 경우 Blank(치수 : $217.2 \times 60 \times 1.60\text{mm}$)를 밴딩가공 하였을 경우, 제품의 치수 변화는 스프링 백은 각도 $24'$, 두께는 밴딩이 가장 많이 일어난 부분이 1.50mm , 제품의 전체길이는 220.9mm 등으로 변화하였다. Al의 경우 Blank(치수 : $217.2 \times 60 \times 1.50\text{mm}$)를 밴딩 하였을 경우, 제품의 치수 변화는 스프링 백은 각도 $32'$, 두께는 밴딩이 가장 많이 일어난 부분이 1.42mm , 제품의 전체길이는 219.2mm 등으로 변화하였다. Cu-Zn의 경우 Blank(치수 : $216.9 \times 60 \times 1.5\text{mm}$)를 밴딩 하였을 경우, 제품의 치수 변화는 스프링 백이 각도 $83'$, 두께는 밴딩이 가장 많이 일어난 부분이 1.43mm , 제품의 전체길이는 219.8mm 등으로 변화하였다.

본 연구는 패드를 설치한 금형을 이용하여 생산한 제품은 자유 밴딩을 이용한 제품과 비교하였을 경우 스프링 백, 두께 및 길이 변화가 매우 적고, 고 정밀도를 갖는 우수한 제품을 생산할 수 있었다.

* 정밀기계설계과 2학년 재학생으로서 졸업연구 논문

I. 서 론

밴딩(bending)은 소재에 외력을 가하여 굽힘가공을 하는 작업을 말하며 이때, 소재는 스프링 백과 길이 및 두께 등이 변화하게 되는데 이런 변화들은 제품의 정밀도를 저하시키는 요소들이다.[1]~[4] 스프링 백(spring back)은 소재에 탄성한계를 넘는 외력을 가하여 변형을 시켜도 그 외력을 제거하면, 극히 극소하지만 원래 자리로 되돌아오는 현상으로, 이것은 근소하게 잔류한 탄성이 판을 원래의 상태로 되돌리는 작용을 하기 때문이다.[5] 이런 현상을 방지할 목적으로 다이(die)에 패드를 설치하는데 패드(pad)는 소재가 펀치의 힘을 받아 다이에 닫기 전 소재를 잡아주는 역할과 하형에서 굽힘된 제품을 배출시키고 동시에 스프링 백 방지를 위한 목적으로 한다. 패드를 설치하면 밑면이 굽힘없이 밴딩작업이 이루어지기 때문에 하형에서 제품을 꺼내어도 스프링 백이 거의 발생하지 않는다.

본 연구는 자체 제작한 밴딩금형을 이용하여 연강, Al, Cu-Zn판재를 가공함에 있어서 패드를 설치하여 생산한 제품에서 발생하는 스프링 백, 두께, 길이변화를 측정하고, 이 결과를 패드를 설치하지 않은 생산된 제품의 특성[6]과 비교하여 밴딩가공에 있어서 패드 사용이 스프링 백, 두께 및 길이 변화 발생에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 실험 방법

그림 1은 자체 제작한 하형에 패드가 부착된 밴딩금형 조립도 및 부품도를 나타낸 것이다. 금형의 구조는 다이, 펀치, 펀치 플레이트, 백킹 플레이트, 패드, 밑판 스프링, 다리, 생크, 가이드 플레이트로 이루어졌고, 금형을 유압 프레스에 설치 시에는 블록 게이지 및 다이얼 인디게이터를 이용하여 금형의 위치를 셋팅하였다.

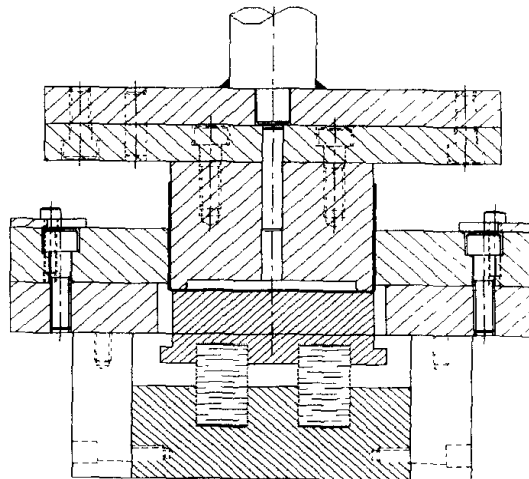
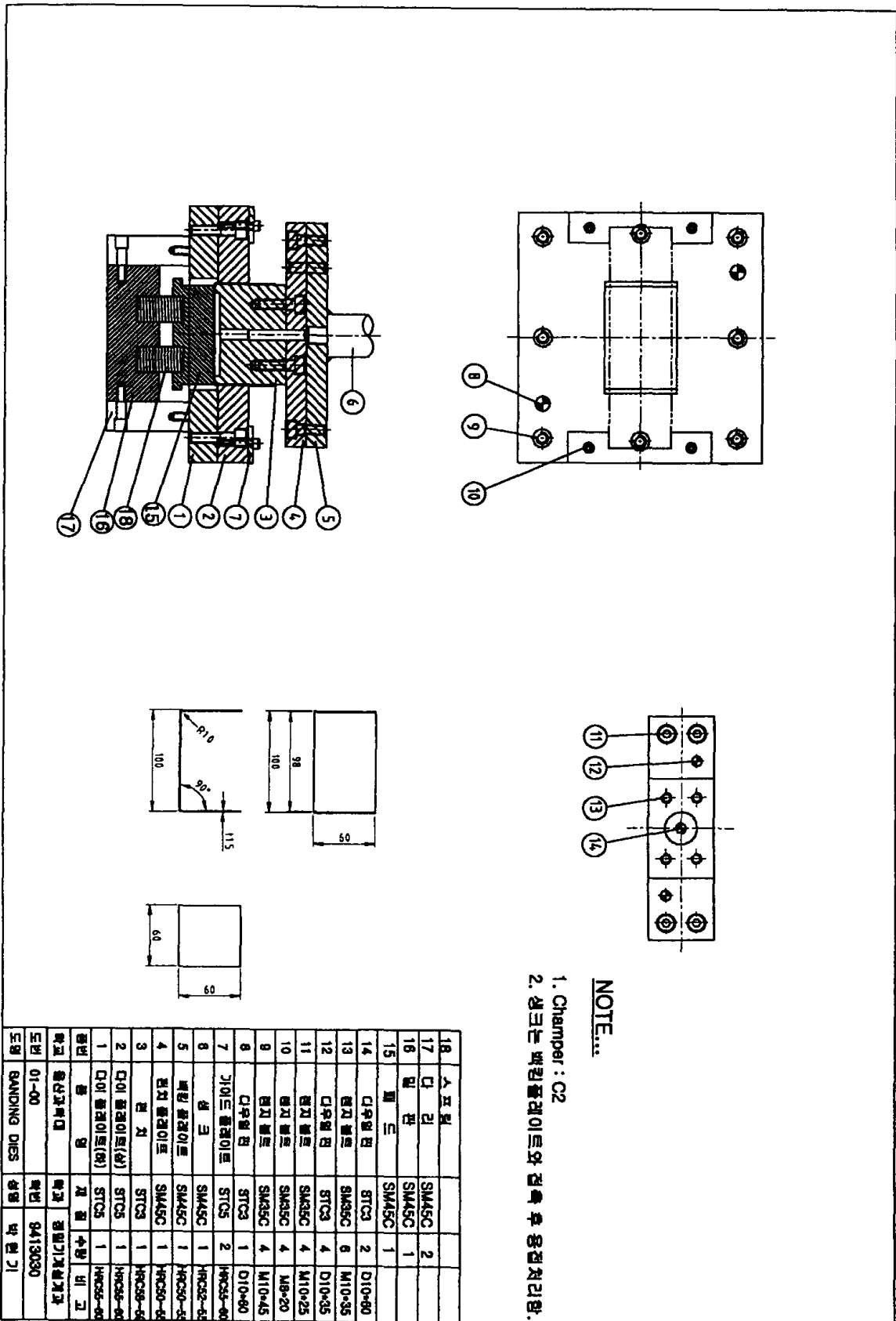
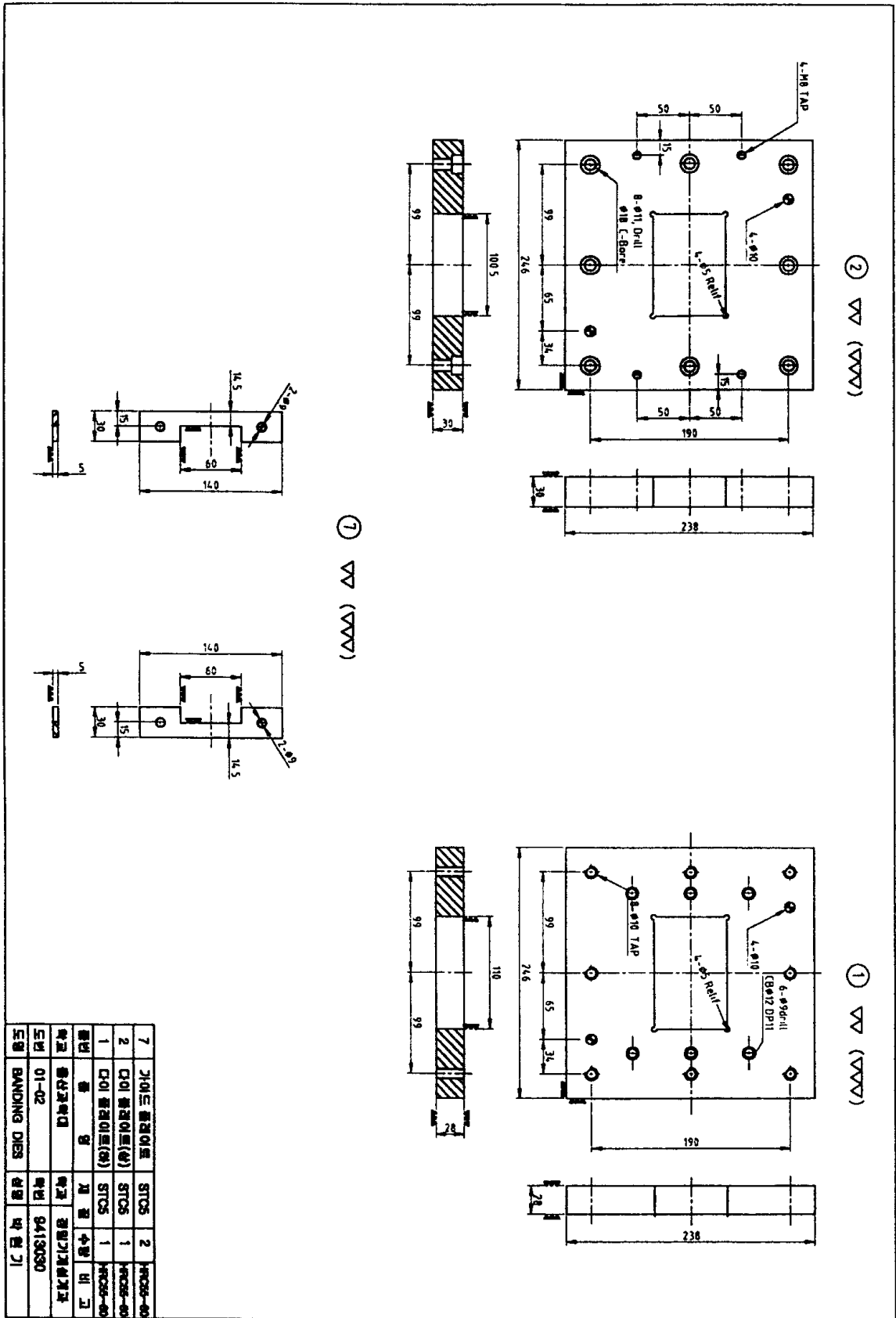


그림 1. 제작한 밴딩금형의 조립도 및 부품도

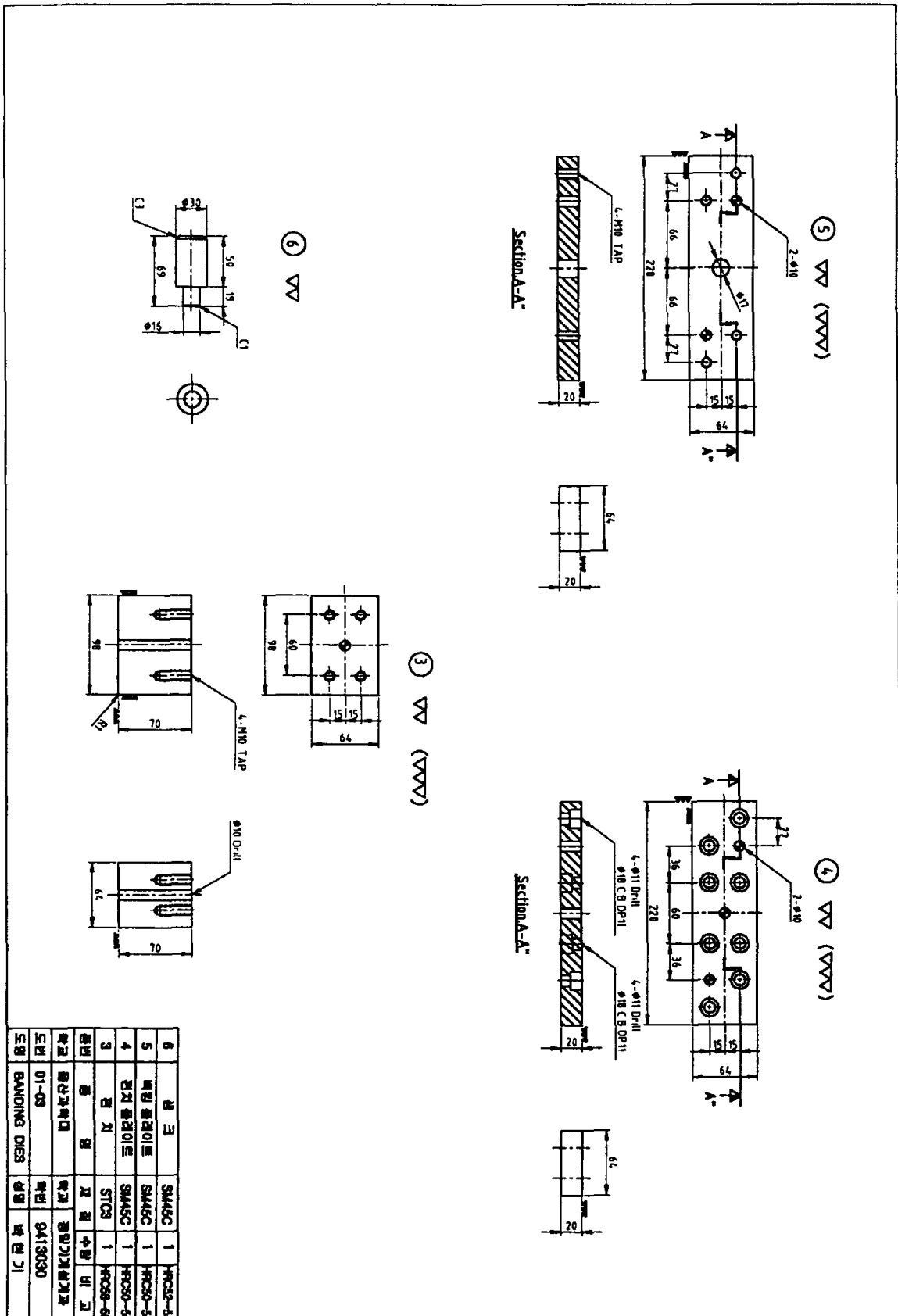


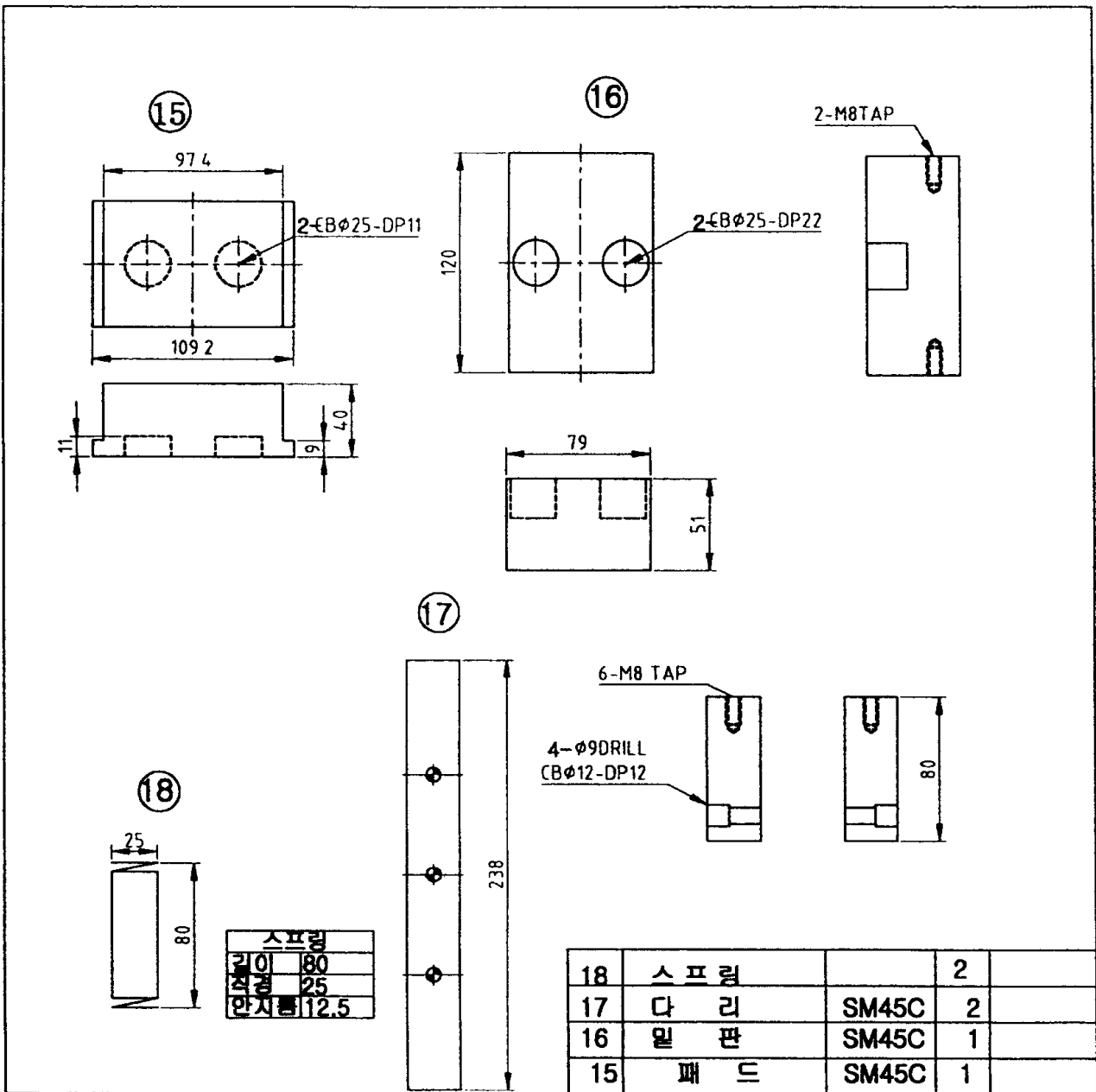
NOTE...

1. Chamfer : C2
2. 샌크는 베링롤러이스트와 접촉 후 용접처리함.



연강, Al, Cu-Zn판재의 밴딩가공(close bending)에 있어서 패드(pad)의 영향 5





가공소재는 연강(t=1.6mm), Al(t=1.5mm), Cu-Zn(t=1.5mm) 판재를 구입하여 샤링 M/C을 이용하여 폭 60mm, 길이 217mm로 절단하였다. 그리고 밴딩가공 후의 길이 및 두께 변화를 측정하기 위해 하이트 게이지(MITUTOYO, JAPAN)를 이용하여 Blank 표면에 그림 2와 같이 2mm 간격으로 그리드를 그렸다. 소재의 인장강도는 연강 40(kg/mm²), Al 28(kg/mm²), Cu-Zn 34(kg/mm²)로써, 연강은 0.2%C이하이고 Al은 Al-Mg 계 합금으로 Mg의 비율은 10%정도이며, Cu-Zn은 60%Cu-40%Zn이다.

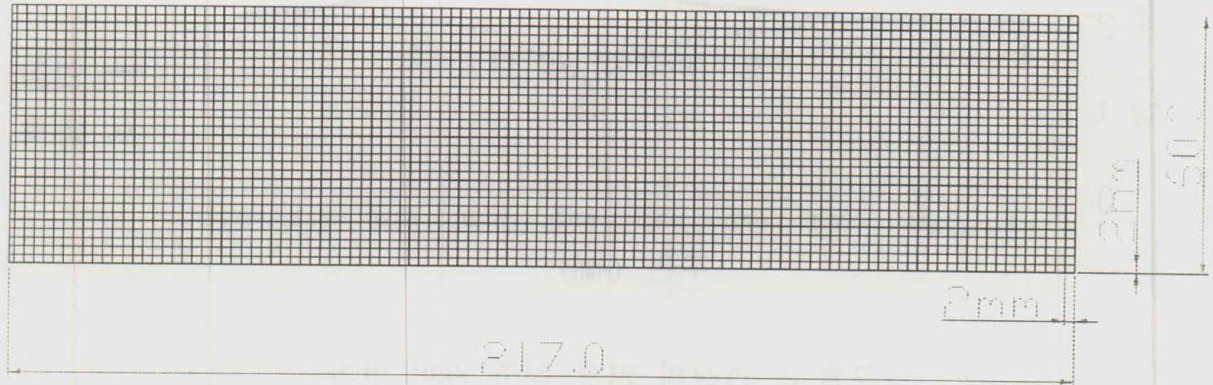


그림 2. 소재의 그리드(grid) 형태 및 길이

유압 프레스((주)정광, No. 9210047)는 메인 실린더 유압이 2010(kg/cm²)으로, 유압 프레스에 금형을 설치한 후 소재를 금형에 올려놓고 밴딩 제품을 생산하였다. 밴딩하기 전 소재의 치수는 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였다. 밴딩한 후 제품의 스프링 백의 각도는 투영기(MITUTOYO, Model TJ-3000)를 이용하여 측정을 하였고, 두께는 포인트 마이크로미터를 이용하여 측정하였다. 블랭크 길이와 그리드의 길이는 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였다. 측정범위는 밴딩부를 중간으로 10구간으로 나누어 양쪽을 측정하였다.

Ⅲ. 실험 결과

1. 연강 판재의 밴딩

연강판재는 밴딩했을 때 스프링 백이 24° 발생하였으며, 길이 및 두께변화는 표 1과 2 및 그림 3과 4에서 보여 준 바와 같이 밴딩된 부분에서 많이 발생하였다.

표. 1 연강판재의 인장측 및 압축측의 길이 변화

구간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
인장(mm)	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.8	2.75	2.3	2.1	2.0
압축(mm)	2.0	2.0	2.0	1.85	1.75	1.25	1.8	2.0	2.0	2.0

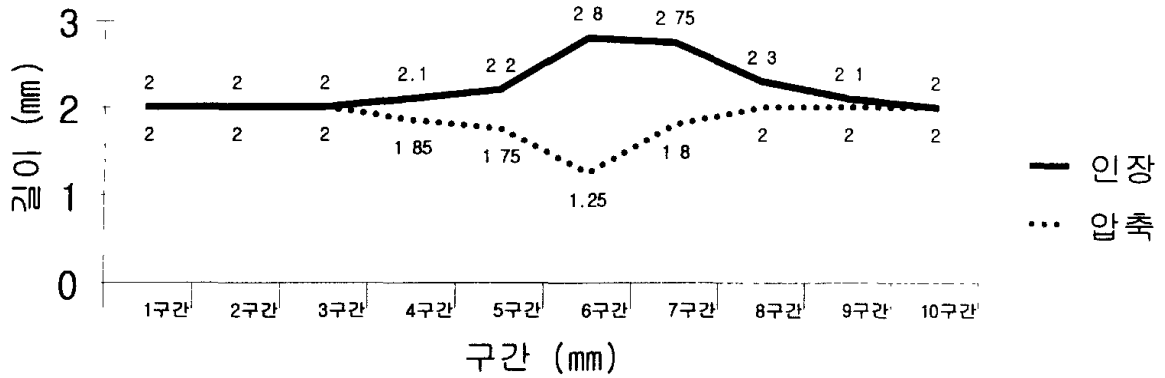


그림 3. 연강의 인장 압축 길이 변화

표 2. 연강판재의 두께변화

구 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
두께(mm)	1.59	1.58	1.58	1.57	1.50	1.55	1.59	1.59	1.60	1.60

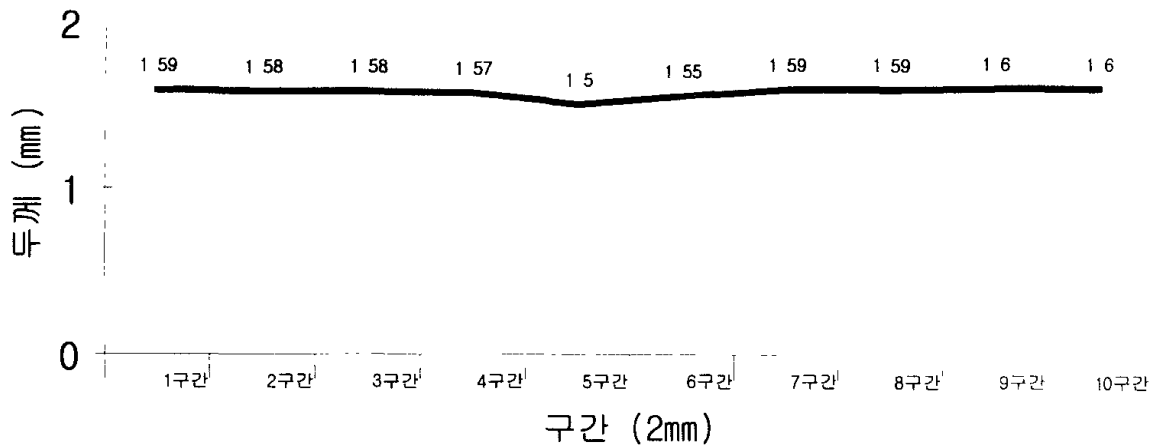


그림 4. 연강의 두께변화

2. AI판재의 밴딩

AI판재는 밴딩했을 때 스프링 백이 32° 발생하였으며, 길이 및 두께변화는 표 3과 4 및 그림 5와 6에서 보여주듯이 밴딩된 부분에서 주로 발생하였다.

표 3. Al 판재의 인장측 및 압축측의 길이 변화

구 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
인장(mm)	2.0	2.0	2.0	1.9	2.1	3.4	2.1	2.0	2.0	2.0
압축(mm)	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	1.6	2.0	2.0	2.0	2.0

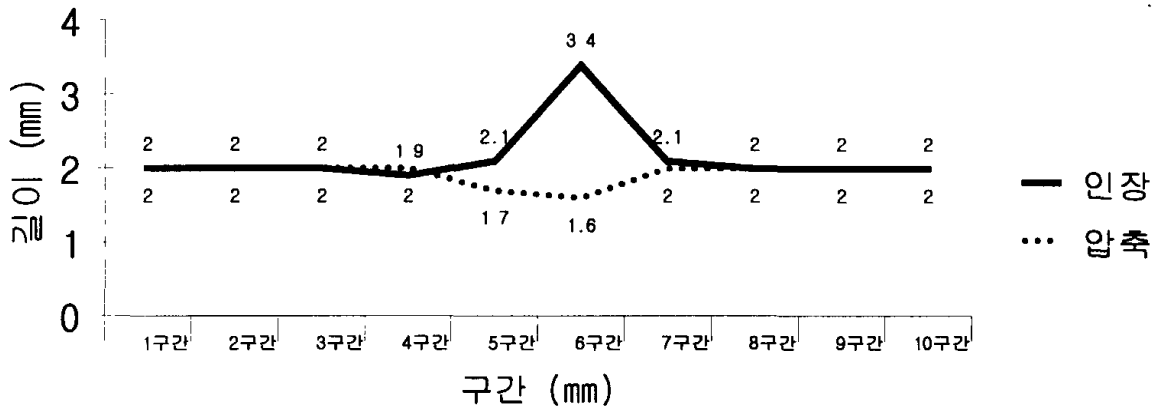


그림 5. Al판재의 인장-압축측 길이변화

표 4. Al 판재의 두께 변화

구 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
두께(mm)	1.49	1.45	1.44	1.43	1.42	1.47	1.48	1.48	1.48	1.48

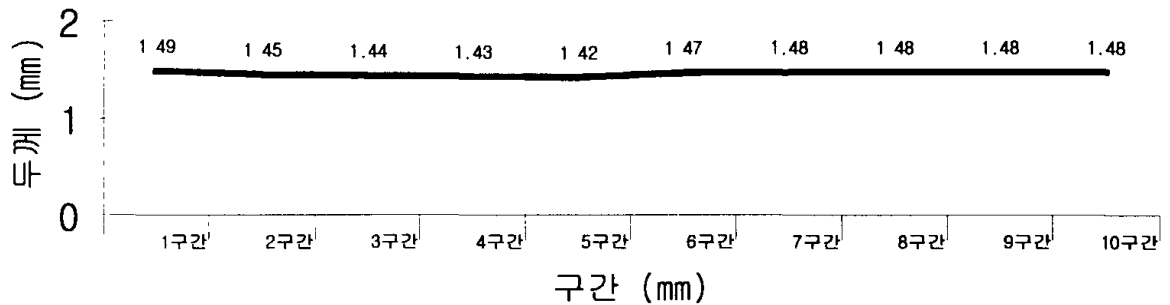


그림 6. Al판재의 두께 변화

3. Cu-Zn판재의 밴딩

Cu-Zn판재는 밴딩했을 때 스프링 백이 83° 발생하였으며, 길이 및 두께변화는 표 5와 6 및 그림 7 과 8에서 보여주듯이 밴딩된 부분에서 많이 발생하였다.

표 5. Cu-Zn판재의 인장측 및 압축측의 길이 변화

구 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
인장(mm)	2.0	2.0	2.0	2.2	2.85	2.6	2.1	2.0	2.0	2.0
압축(mm)	2.0	2.0	2.0	1.9	1.55	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0

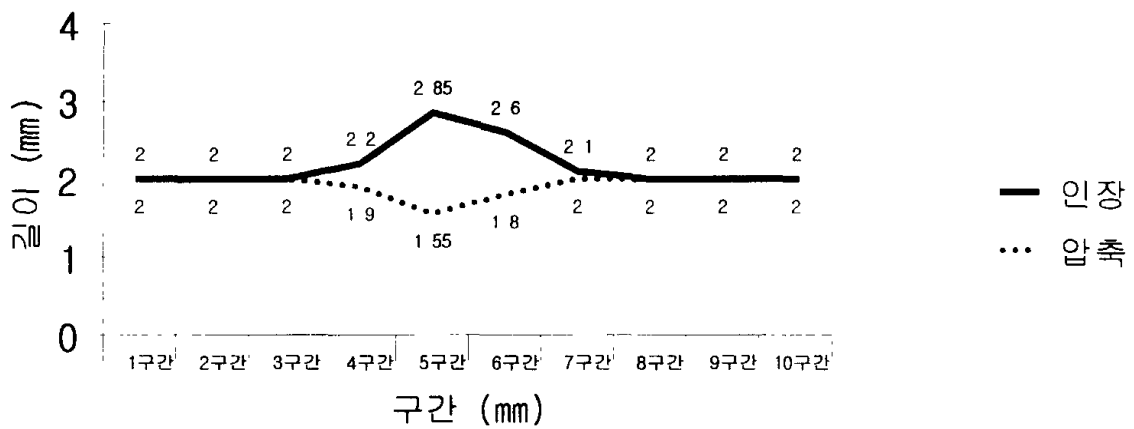


그림 7. Cu-Zn판재의 인장-압축측 길이변화

표 6. Cu-Zn 판재의 두께 변화

구 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
두께(mm)	1.50	1.48	1.46	1.47	1.43	1.42	1.43	1.48	1.48	1.53

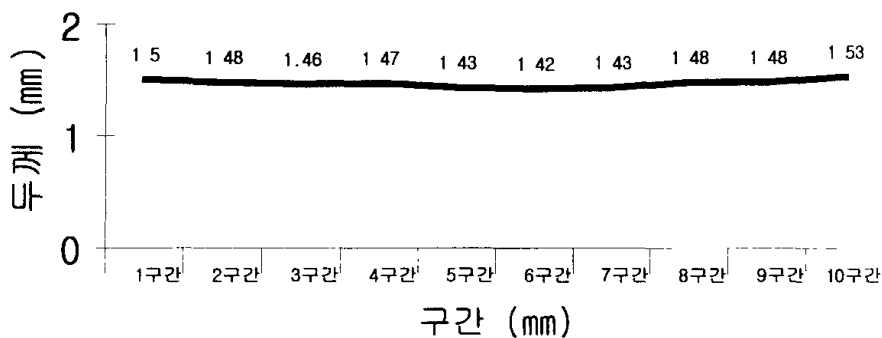


그림 8. Cu-Zn판재의 두께 변화

IV. 고 찰

연강, Al, Cu-Zn판재를 패드를 설치하여 밴딩하였을 때 스프링 백, 길이, 두께의 변화가 발생하였다. 그러나, 다이에 설치한 패드(pad)의 영향으로 스프링 백이 거의 발생하지 않는 것을 알 수 있었다. 그러나, 패드의 설치만으로 소재가 갖고 있는 잔류탄성으로 인하여 스프링 백을 완벽하게 제거할 수는 없었다. 이러한 스프링 백을 방지할 수 있는 대책으로는 시험 측정기로 미리 스프링 백을 측정하여, 이 각도를 고려한 가공편치를 제작하는 방법[2]을 적용할 수 있다.

본 연구에서는 길이 및 두께의 변화를 조사하기 위해 소재에 2mm간격으로 그리드를 그렸으며, 연강, Al 및 Cu-Zn판재 모두 밴딩이 일어난 부분에서 길이 및 두께변화가 발생하였다.

표 7. 패드를 설치하였을 때의 제품과 자유밴딩한 제품의 스프링백 량의 변화량

재질	판 두께(mm)	패드를 설치한 제품	자유 밴딩한 제품[6]
연강	1.60	24'	4.4°
Al	1.50	32'	8.6°
Cu-Zn	1.50	83'	16°

표 7은 금형에 패드를 설치하였을 때에 생산된 제품의 스프링 백량을 자유밴딩에서 생산된 제품과 비교하여 나타낸 것이다. 이 표에서 알 수 있는 바와 같이, 패드를 설치한 제품에서 연강의 경우는 24'이고 Al은 32', Cu-Zn는 83'로써 스프링 백이 거의 나타나지 않았다. 그러나, 자유 밴딩 제품에서는 연강의 경우 4.4°이고 Al은 8.6°, Cu-Zn는 16°으로써, 연강의 경우는 4°, Al은 8.07°, Cu-Zn는 14.6°의 차이를 보였다. 이는 각 판재를 밴딩 가공할 때 금형의 상부에 설치된 편치력이 충분하다 하더라도 편치력만으로 소재의 안쪽과 바깥쪽에 응력을 일으킬 수 없으므로, 패드를 설치한 제품이 설치하지 않은 제품보다 스프링 백이 적게 발생한다는 것을 보여주고 있다.

즉, 하형의 다이에 설치한 패드는 가공되는 판재의 바깥쪽(인장측) 응력을 감소시키고, 안쪽(압축측) 응력을 증가시키는 역할을 하기 때문이다.

표 8은 패드를 설치하였을 때와 자유밴딩한 제품의 길이 변화량을 나타낸 것이다. 이 표에서 알 수 있는 바와 같이, 연강의 경우 패드를 설치한 경우에는 자유밴딩에

비하여 길이는 0.8mm 정도 더 늘어났지만, 굽힘영향부는 4~9 구간으로 매우 감소하

표 8. 패드를 설치하였을 때의 제품과 자유밴딩한 제품의 길이 변화량

재질	Blank의 길이(mm)	패드를 설치한 제품(mm)		자유 밴딩한 제품(mm)[6]		길이변화량 차이(mm)
		길이 변화	구간	길이 변화	구간	
연강	217.2	220.9	4~9	220.1	5~13	0.8
Al	217.2	219.2	4~7	219.9	2~10	-0.7
Cu-Zn	216.9	219.8	4~6	219.8	7~9	0

였다. 이는 패드를 설치한 금형을 이용하여 생산된 연강제품은 구간마다 늘어난 길이가 자유밴딩한 연강보다 작다는 것을 의미한다. Al판재의 경우는 패드를 설치한 제품의 길이가 219.2mm로 자유밴딩한 제품보다 약 0.7mm정도 감소하였고, 굽힘영향부 구간은 4~7로 자유밴딩보다 매우 감소하였다. Cu-Zn판재의 경우는 패드를 설치한 제품과 자유밴딩한 제품의 길이 및 굽힘 영향부 구간변화가 같다는 것을 알 수 있다. 앞에서 기술한 바와 같이, 연강 판재에 비해 Al 및 Cu-Zn판재에서 패드의 영향이 크게 나타나고 있는 이유는, 연강에 비해 Al 및 Cu-Zn판재가 연성이 높기 때문으로 생각 할 수 있다. 그리고, 연강의 탄성계수($E=19 \times 10^6 \text{psi}$)가 Al의 탄성계수($E=10 \times 10^6 \text{psi}$) 및 Cu-Zn판재의 탄성계수($E=17 \times 10^6 \text{psi}$)보다 큰 값을 갖고 있고 또한, 연강은 결정구조가 체심입방구조(bcc)이고, Al 및 Cu-Zn판재는 결정구조가 면심입방구조(fcc)이기 때문이다.[5]

표 9. 패드를 설치하였을 때의 제품과 자유밴딩한 제품의 두께 변화량

재질	두께 (mm)	패드를 설치한 제품(mm)		자유 밴딩한 제품(mm)[6]		두께변화량 차이(mm)
		두께 변화가 가장 큰 부분	구간	두께 변화가 가장 큰 부분	구간	
연강	1.6	1.50	3~7	1.53	5~12	-0.31
Al	1.5	1.42	2~6	1.36	2~9	0.06
Cu-Zn	1.5	1.43	3~8	1.48	7~9	-0.05

표 9는 패드를 설치한 제품과 자유밴딩한 제품의 두께 변화량에 대하여 나타내었

다. 연강과 Cu-Zn판재는 패드를 설치한 제품이 자유밴딩한 제품보다 두께변화가 크다는 것을 알 수 있다. 이는 굽힘영향부 길이 변화구간이 작게 변하여 각 구간에서 많이 늘어나 두께가 크게 변하였다는 것을 의미한다. Al판재의 경우는 두께변화가 패드를 설치한 제품이 자유밴딩에 비해 작다는 것을 보여주고 있다. 정리하면, 금형에 패드를 설치한 경우에 생산된 Al 판재 제품의 두께변화는 자유밴딩한 제품에 비해 큰 효과를 보여주고 있으며, 이는 소재의 연성이 굽힘영향부의 두께에 미치는 것으로 해석할 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 패드가 부착된 금형을 사용하여 생산한 제품의 특성을 자유 밴딩한 제품의 특성과 비교하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 연강판재의 경우는 패드를 설치하여 Blank(치수 : $217.2 \times 60 \times 1.60\text{mm}$)를 밴딩가공하였을 경우, 제품의 치수 변화는 스프링 백은 각도 $24'$, 두께는 밴딩이 가장 많이 일어난 부분이 1.5mm , 제품의 전체길이는 220.9mm 등으로 변하였다.
- 2) Al판재의 경우 패드를 설치하여 Blank(치수 : $217.2 \times 60 \times 1.50\text{mm}$)를 밴딩가공하였을 경우, 제품의 치수 변화는 스프링 백은 각도 $32'$, 두께는 밴딩이 가장 많이 일어난 부분이 1.42mm , 제품의 전체길이는 219.2mm 등으로 변하였다.
- 3) Cu-Zn판재의 경우 패드를 설치하여 Blank(치수 : $216.9 \times 60 \times 1.5\text{mm}$)를 밴딩가공하였을 경우, 제품의 치수 변화는 스프링 백이 각도 $83'$, 두께는 밴딩이 가장 많이 일어난 부분이 1.43mm , 제품의 전체길이는 219.8mm 등으로 변하였다.
- 4) 금형에 패드의 설치하는 소재의 가공시 제품의 스프링 백량, 길이 및 두께 변화를 매우 감소시키는 효과를 나타내었다.

VI. 참 고 문 헌

- 1) 고 관영, 정밀소성가공학, 지성출판사, 1998, P. 207
- 2) 조 웅식, 프레스 금형설계기술, 기전 연구사, 1994, P.152
- 3) 고 관영, 정밀소성재료, 지성출판사, 1999, P.25
- 4) 김 세환, 이 해영, 이 건학, 프레스 금형설계 제작법, 대광서림, 1994, P.61
- 5) C. R. Barrett, W. D. Nix and A. S. Tetelman, The principle of engineering materials, Prentice-Hall, Inc., 1973, P.203
- 6) 고 관영, 박 용진, 이 승훈, 신 정희, 김 은미, 연강, Al, Cu-Zn판재의 자유 밴딩

(open bending)에 있어서 제품(product)의 특성, 1999, UC Report 투고

감사의 글

본 연구를 진행함에 있어서 물심 양면으로 세밀히 지도해 주신 고 관영 교수님, 조 제희 기사님께 감사를 드리며, 이 연구가 후배들의 현장 실무 능력을 배양시키는데 큰 도움이 되었으면 합니다.