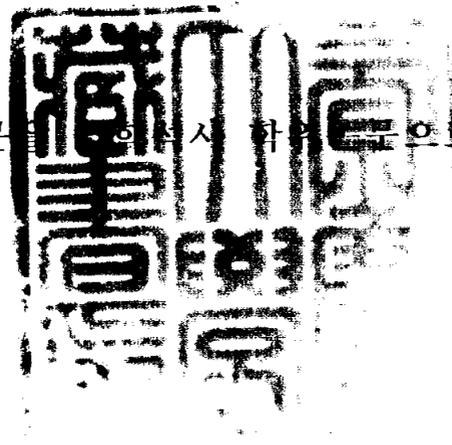


공학석사 학위논문

플랜지가 붙은 비대칭 단면 형상의
압출굽힘 가공에 관한 연구

지도교수 진 인 태

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



2003년 2월

부경대학교 대학원

정밀기계공학과

박중원

박중원의 공학석사 학위논문을 인준함

2002년 11월 23일

주 심 공학박사 한 규 택



위 원 공학박사 김 광 희



위 원 공학박사 진 인 테



목 차

Abstract	1
1. 서 론	2
1-1 연구 배경	2
1-2 연구 동향	3
1-3 연구 내용	4
2. 플라스틱신을 사용한 압출 굽힘 가공	6
2-1 실험 장치의 구성	6
2-1-1 비대칭 경사형 다이를 사용한 압출 굽힘 원리	6
2-1-2 압출 굽힘 장비	8
2-1-3 경사형 압출 굽힘 다이의 구조	10
2-1-4 비대칭 컨테이너와 스템(stem)의 구조	12
2-2 실험 방법	13
2-2-1 실험 재료	13
2-3 실험 결과 및 고찰	15
2-3-1 플랜지가 붙은 비대칭 단면	15
2-3-2 압출 굽힘 제품의 곡률의 변화	16
3. 알루미늄6063을 사용한 압출굽힘 가공	19
3-1 실험 장치의 구성	19
3-1-1 알루미늄 압출 장비	19

3-1-2 압출 다이의 구조	21
3-1-3 컨테이너와 스템의 구조	23
3-2 실험 방법	25
3-2-1 실험 재료	25
3-3 실험 결과 및 고찰	28
3-3-1 알루미늄 압출 굽힘 실험	28
3-3-2 알루미늄 소재와 플라스틱인 소재 제품의 비교	30
4. 결 론	31
참고 문헌	32

**A study on the Extrusion Bending Process of the Asymmetric
Product with Flanged section**

Jung-won park

Department of precision Mechanical Engineering, Graduate School

Pukyong National University

Abstract

Presently, Extrusion Bending researches have increased because of an increase of usefulness. But present researches are used round billet. Round billet is difficult to Extrusion Bending for asymmetric of flanged with section due to it's complexity. So this thesis extrusion bended use of one billet of asymmetric section, a difficult bending section. In order to make bending at the outlet of die, the flow capacity of billet inside the die cavity was controlled by the shape of inlet of die. The results show that the bending could be happened and the curvature could be controlled by changing extrusion velocity. It was known by the experiment with plasticine material that the product with flanged section could be bended because of the shape of the eccentric die and the section of eccentric billet. As the extrusion velocity more increased, the curvature of extruded product decreased.

And it was known by the experiment with aluminum 6063 material that asymmetric product with flanged section could be bended by Extrusion Bending process.

1. 서 론

1-1 연구 배경

최근 자동차와 항공기, 건축 구조물의 구조재로서 경량 고강성의 알루미늄합금 사용이 증가하고 있다. 이러한 알루미늄합금의 특징을 살펴보면 비중이 철과 구리의 1/3 수준이면서 최대 인장강도는 1입방인치당 41ton을 유지할 수 있으며 내식성, 가공성, 열·전기전도성, 저온 강도, 재활용성에 이르기까지 다양한 기계적 성질을 가지고 있다. 이러한 우수한 기계적 특성으로 인해 알루미늄의 사용환경은 급속히 증가하고 있으며 다양한 가공방법과 소재 개발로 산업 전문분야에 걸쳐 적용 범위가 넓어지고 있는 추세이다.⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

알루미늄 합금을 이용하는 다양한 소성 가공법이 있겠지만 압출가공은 높은 생산성과 생산원가의 절감으로 인하여 많은 수요를 창출하고 있으며 대용량의 유압프레스의 개발, 연속 주조법에 의한 빌렛제조기술의 혁신, 컴퓨터 PLC(programming logic control) 시스템에 의한 정밀한 성형공정 조정이 가능하게 됨으로써 압출작업의 효율성을 증대 시키게 되었다.

압출의 형태는 압출 진행 방법에 따라 전방압출과 후방압출로 분류되고 압출형상에 따라서 단순봉(simple bar)형태와 반중공(semi hollow), 완전중공 (hollow) 형상으로 분류된다. 압출제품의 우수한 성형성과 가공성으로 활용범위가 넓어지긴 하였지만 근래까지 생산되어온 압출품의 형태는 직선적인 형태가 일반적이었다. 이러한 직선적인 압출품은 굽힘(bending) 작업을 통하여 굽히는 것이 현재까지 사용되어오던 방식이지만 이러한 굽힘(bending)방법은 구조적 형상 결합과 치수 변화를 유발

시키는 결과를 초래 하였으며 2차가공으로 인한 비용 상승의 요인을 가져오게 되었다.

직선 제품의 기존 굽힘방법으로는 부동 플러그 벤딩법, 회전 벤딩법, MOS 법, 축인장 벤딩법등이 있다. 이러한 벤딩법은 사각단면 제품을 1차 성형후 벤딩 하는 방법으로써 제품단면의 굽힘방향 안쪽에 주름이 발생하거나 바깥쪽에 찢어짐이 발생하는 결함을 지니고 있으며 플랜지가 붙은 비대칭 단면형상은 굽힘 자체가 불가능하였다.

본 논문에서는 이러한 굽힘이 어려운 압출품을 압출가공중 굽힘이 발생하게 하여 기계적 결함이 없는 압출굽힘 제품을 생산하고자 하였다.

1-2 연구 동향

압출굽힘은 사용목적에 따라 다양한 형태로 연구가 진행되었으며 선행된 압출굽힘가공에 관한 연구는 다음과 같이 몇가지 경향으로 나누어 볼수 있다.

- (1) 평다이를 이용한 편심 압출가공에 관한 연구
- (2) 다지(多枝)형 편치를 이용한 상대속도차이에 의한 압출굽힘 연구
- (3) 다이랜드부의 형상과 길이 변화를 이용한 굽힘 연구

편심 압출가공에서는 상계해법에 의한 압출굽힘에 관한 연구가 수행되었으며 중심편차량과 금형길이, 마찰상수에 따른 원형튜브의 굽힘곡률 변화에 대한 해석이 이루어 졌다. 이에 따르면 원형튜브의 경우 압출 금형 출구 형상의 중심편차량이 증가하면 굽힘곡률도 증가한다는 사실을 확인 할 수 있었으며 압출 금형의 길이가 짧을 때 곡률이 더욱 증가한다는 사실을 알수 있었다. 또한 소재와 압형, 그리고 소

재와 플러그 사이의 마찰상수값이 굽힘곡률의 변화에 영향을 미치는 사실을 알수 있었다.

다지(多枝)형 편치를 이용한 압출굽힘 실험은 압출기의 압출형태를 변형한 것으로 4개의 빌렛과 4개의 스템(stem)을 사용하여 각각의 스템의 압출속도를 조정하여 압출굽힘이 가능하게 한 연구이다. 기존에 사용되는 압출기는 1개의 원형 빌렛과 1개의 스템을 사용하는 일반적인 구조의 직선 압출기 형태가 대부분이었다. 다지(多枝)형 편치를 이용한 압출기는 압출다이에 편심을 주지 않더라도 압출시 각 빌렛의 압출속도에 차이를 발생시켜 압출굽힘한 방법으로써 사각튜브 단면이나 원형튜브 단면의 'S' 형태의 굽힘이 가능하도록 하였다.

압출가공중 굽힘을 발생시키기 위해서는 컨테이너 내부에서의 빌렛의 유동과 스템(stem)의 압출 압력에 의한 유동 속도장의 변화, 다이를 통과하는 소재의 유동 특성 및 다이랜드부에서의 압출영향에 대한 고려가 필요하다.

1-3 연구 내용

기존의 압출굽힘 방법에는 편심경사형다이를 사용한 압출굽힘 방법과⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 네 개의 빌렛을 사용한 압출굽힘 방법이 있었다.⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾ 이러한 압출굽힘 방법은 원형 빌렛을 사용하였으나 본 논문에서는 한개의 비대칭 형상의 빌렛을 사용하여 경사형 다이를 통과할 때 소재의 유동량의 차이를 발생시켜 압출중 굽힘이 일어나게 하였다. 압출실험중 발생할수 있는 간접적인 결함 요인들은 고려 하지 않았으며 소재의 예열과 컨테이너 삽입에 따른 열 손실도 무시 하였다. 또한 윤활제로 사용된 흑연은 스템(stem)과 소재의 접촉을 방지하는 것으로 사용하였으며 소재와 컨테이너의 마찰은 유압유(60#)를 사용하여 마찰을 감소 시켰다. 실험에 사용된 윤활제는 소재

와 실험장치의 파손을 방지하기 위하여 사용되었으며 정확한 마찰상수를 유지하기 위함은 아니다. 알루미늄 압출실험에서의 압출하중은 최대 압출 하중만 고려하였으며 압출진행중 압출하중의 변화에 대한 사항은 관심대상에서 제외하였다.

압출 모사 소재인 플라스틱인을 사용하여 플랜지가 붙은 비대칭 단면 형상의 거시적인 유동을 실험하였으며 압출후 비대칭 플랜지 단면의 형상변화를 관찰하였다.

그리고 압출속도를 2mm/s, 4mm/s, 6mm/s 로 변화시켜 굽힘곡률의 변화를 관찰하였으며 최종적으로 알루미늄 6063을 소재로 사용하여 압출 굽힘 실험을 하였다.

본 논문에서는 일반적인 압출방법과 굽힘(bending) 방법으로 가공시, 플랜지가 붙은 비대칭 단면형상에서 발생할수 있는 결함들을 제거 하고 기계적 성질이나 구조적 결함이 없는 제품을 압출굽힘이라는 공정을 통해 생산하는 것이 주요한 목적이다.

2. 플라스틱신을 사용한 압출 굽힘 가공

2-1 실험 장치의 구성

2-1-1 비대칭 경사형 다이를 사용한 압출 굽힘 원리

본 논문에 사용된 압출굽힘 원리는 비대칭 경사형 다이의 소재 유입부에서 소재의 유입량을 다르게 하면 다이 출구부분에서 소재의 유동 속도에 차이가 발생하게 되고 이에 의해 소재의 속도가 빠른부위에서 느린 부분으로 굽어지는 원리를 이용하였다. 소재는 경사형 다이의 입구 형상과 동일한 형상을 하고 있으며 컨테이너의 안내를 받으며 다이 입구까지 도달하게 된다. 다이 입구는 압출단면과 비대칭 형상으로 설계되어 있으므로 소재의 유입량은 굽힘을 발생시키는 부분으로 많이 유입되게 되어있다. 경사형 다이를 통과 하면서 소재의 변형량은 증가 하며 다이 출구 부분에서 소재의 유동속도는 일정한 차이를 발생하고 굽힘이 발생하여 압출굽힘이 진행된다.

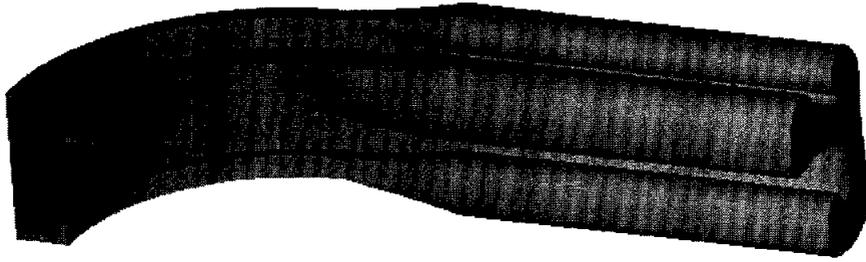


Fig. 1 The plasticine flow of extrusion bending process

Fig.1 은 이러한 압출굽힘 원리에 의해 소재가 압출되는 형상을 모델링한 것을 나타내고 있다. 압출품이 Fig. 1과 같이 굽힘이 발생하기 위해서는 밀렛의 우측부분의 소재 유입량이 많도록 하여 다이 출구 면에서 빠른 속도로 압출되어 좌측의 압출 속도보다 빠르기 때문에 굽힘이 발생하게 된다.

2-1-2 압출급힘 장비

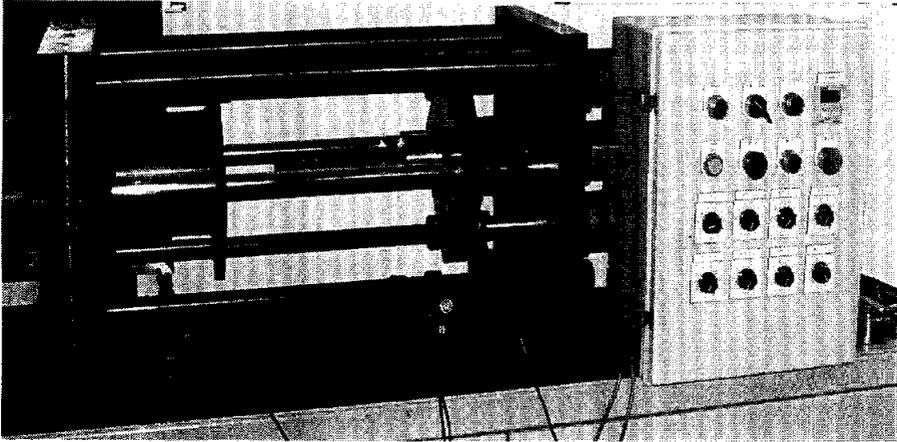


Fig. 2 Experimental equipment for the extrusion bending process with plasticine

Fig. 2는 플라스틱인을 사용한 압출급힘 실험에 사용된 압출급힘기로써 나이, 컨테이너를 결합한 결합체와 스템을 고정한 유압 실린더, 압출속도를 조절할 수 있는 속도 제어 컨트롤러로 구성되어 있다. 최대 압출행정은 300mm 이며 2ton의 압출하중을 전달할수 있으며 가변 유압실린더를 이용하여 상대적인 압출속도의 변화가 가능한 구조이다.

속도 제어 컨트롤러는 압출급힘 제품의 곡률의 변화를 조절할수 있게 압출속도를 제어하는 장치이다. 일반적으로 제품의 곡률을 조정하는 방법으로는 소재의 유입량을 조절하는 방법과 압출속도를 제어하는 방법이 있는데 본 논문에서는 압출속도를 2mm/s, 4mm/s, 6mm/s 로 조절하여 곡률의 변화를 실험 하였으며 이러한 압출속

도의 변화에 따른 압축감힘 제품의 곡률의 변화와 단면형상의 변화 유무를 관찰하였다.

2-1-3 경사형 압출 굽힘 다이의 구조

실험에 사용된 압출다이의 기본적인 형태는 Fig.3 와 같으며 경사형다이의 입구와 출구가 비대칭의 형상을 하고 있다.

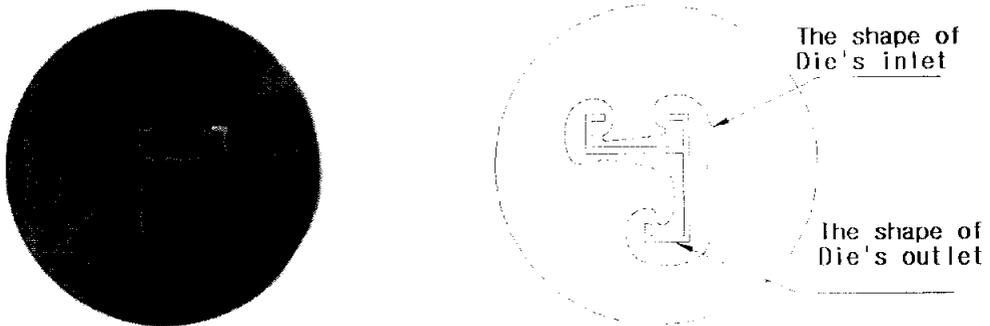


Fig. 3 The asymmetric conical die and layout

압출다이의 입구 형상은 제품의 형상을 기준으로 일정폭을 유지하도록 하고 소재의 유동을 원활하게 하기 위하여 곡선화 하였으며 다이 출구부분의 형상을 고려하여 일정비율의 폭을 유지하도록 설계되었다. 또한 제품의 모양과 같은 다이의 출구 단면보다 다이의 입구단면을 더 크게 하고 입구단면과 출구단면을 동각으로 연결한 표면으로 구성된 다이의 중공부를 형성하고 있어 소재의 유동이 점진적으로 균일하게 압출되도록 설계 되었으며 압출중의 굽힘을 발생시키기 위하여 다이의 중공부의 입구 형상과 출구형상의 단면적이 편심되어 좁아지는 방향으로 소재의 유입이 많이 되도록 설계 되어있다.

압출 다이의 재질은 SM45C를 사용하였고 다축 와이어컷 머신을 사용하여 압출

다이의 입구와 출구의 단면형상을 등각으로 연결한 표면으로 된 경사원추형 다이로 가공 하였다.

압출다이의 랜드부는 3mm 이며 압출굽힘체품과 압출다이의 접촉에 의한 압출압력이 증가하는 것을 방지하기 위하여 고려 되었다.

2-1-4 비대칭 컨테이너와 스템(stem)의 구조

실험에 사용된 컨테이너는 비대칭 편심 형상의 빌렛을 다이입구까지 단면적의 변화없이 다이 입구의 형상과 동일하게 일정한 단면적으로 제작되었다. 이러한 컨테이너의 형상은 원형 컨테이너와 원형 빌렛을 사용시 소재의 편심이 없기 때문에 굽힘을 발생시키지 못하며 굽힘을 발생시키기 위하여 소재의 단면을 비대칭 형상으로 해야하기 때문이다. 따라서 컨테이너의 형상도 비대칭 형상으로 제작되었다.



Fig. 4 The asymmetric container and stem

또한 빌렛에 압력을 전달하는 스템의 형상도 동일한 형상을 하고 있다. 이러한 동일 단면은 컨테이너 구멍과 일치하며 소재를 압입할 때 컨테이너를 잘 밀봉하여 같은 속도로 밀수 있도록 되어있다.

2-2 실험 방법

2-2-1 실험 재료

실제 재료의 성형시에는 금형가공 및 장비사용이 까다로우므로 냉간 및 열간가공에 소요되는 하중의 예측 및 변형형상(deformation pattern)의 파악시에 모델재료를 사용하는 방법이 있다. 이를 물리적 모형법(physical modeling)이라고 하며 사용되는 모델재료는 플라스틱신, 주석-납 합금, 납, 왁스 등이 있다. 이러한 재료는 다루기 쉽고 변형저항이 작으므로 소형장비를 사용할 수 있고 금형준비가 용이한 장점이 있다. 본 실험에서는 가장 많이 사용하는 모델재료인 플라스틱신을 사용 하였으며 Table 1은 플라스틱신과 철과의 상사성 비교를 나타내고 있다.

Table 1 Analogy of plasticine and iron

	철강(1000℃)	플라스틱신(20℃)
ν	0.33	0.43
$E[\text{kgf/m}^2]$	10.545×10^6	0.70×10^6
Y/E	0.0006	0.02
n	0.25	0.20
m	$0.05(\dot{\epsilon} = 1 \text{sec}^{-1})$	$0.06(\dot{\epsilon} = 0.01 \text{sec}^{-1})$

실험에 사용된 플라스틱신 소재는 1000℃ 열간가공에서 연강과 유동 특성이 유사한 값을 가지는 재료로써 온수에서 일정시간 보온시켜 유동 특성을 좋게 하고 내부

에 함유된 공기를 제거 하여 1차적으로 컨테이너의 단면 형상과 동일하게 성형 후 사용되어졌다.

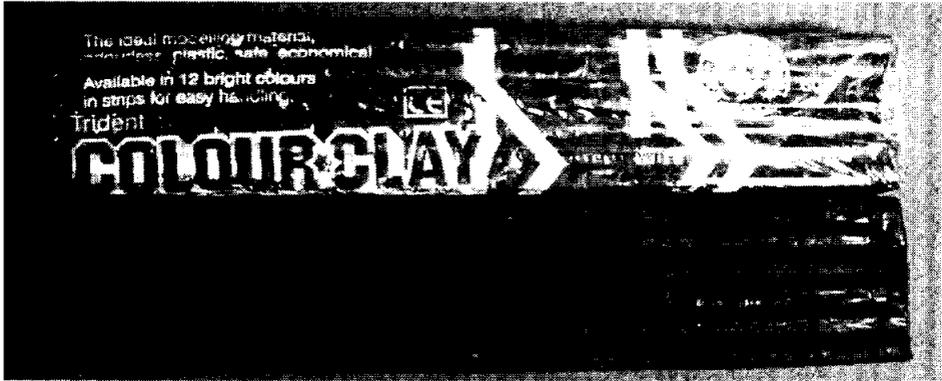


Fig. 5 The used plasticine material

또한 압출압힘 후 플라스틱인 소재의 변형을 방지 하기 위하여 5℃로 급냉하였으며 반영구적 형상 유지를 위하여 고휘제를 도포하였다.

2-3 실험 결과 및 고찰

2-3-1 플랜지가 붙은 비대칭 단면

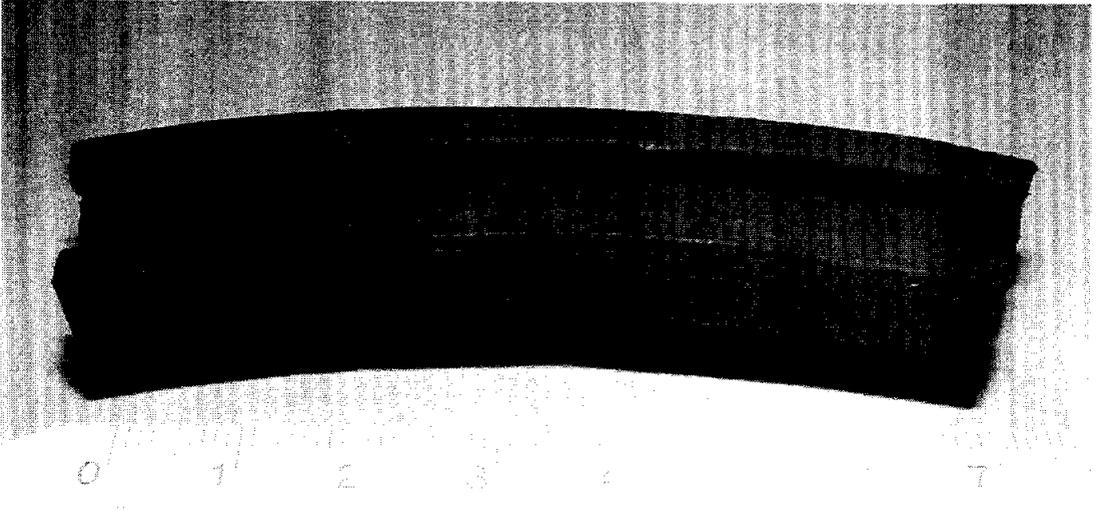


Fig. 6 The curved product by extrusion bending process

플라스티신을 소재로 사용한 압출굽힘 형상은 Fig. 6 과 같으며 압출중 굽힘에 의하여 일정한 곡률을 가진 압출품이 성형되었다.

압출된 형상은 제품의 초기 성형 부분이나 후기 성형부분 모두 단면의 변화가 없으며 일정한 두께를 유지하고 있다. 또한 굽힘 부분의 단면 주름이나 늘어남이 없음을 확인할 수 있었다.

2-3-2 압출 굽힘 제품의 곡률의 변화

압출굽힘중 곡률을 조정하는 방법으로는 소재 유입량을 조절하는 방법과 압출 속도를 조절하는 방법등이 있다. 본 논문에서는 압출속도를 변화 시켜 곡률의 변화를 관찰 하였다.

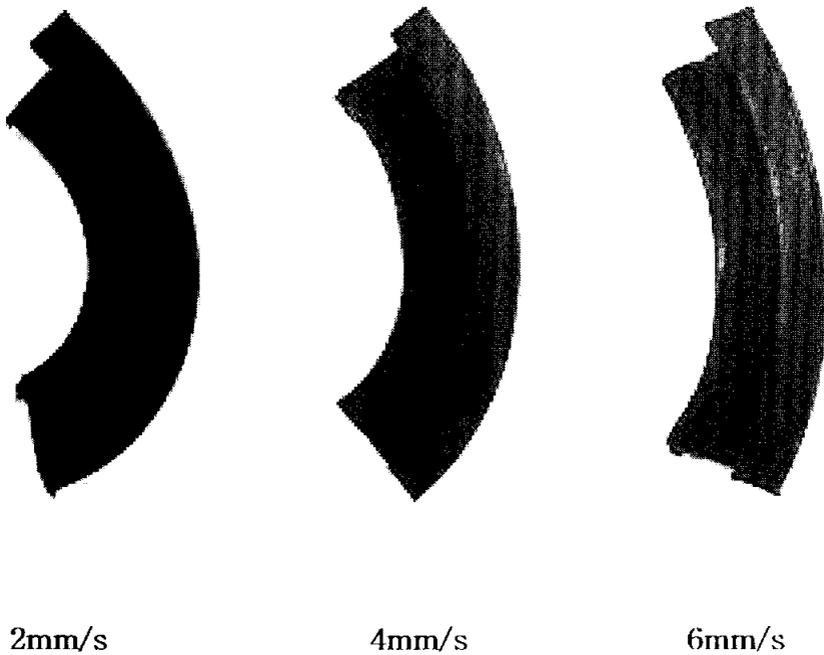


Fig. 7 The curved products with each different curvature

압출속도를 2mm/s, 4mm/s, 6mm/s 로 변화시키면서 곡률을 변화시킨 모습을 Fig.7에서 확인할 수 있다.

플랜지가 붙은 비대칭단면의 경우 압출속도가 빨라지면 곡률이 감소 하는 것을

알수 있는데 이는 다이내부의 마찰력이 일정 속도 이상이 되면 소재간의 슬립과 유동장의 변화로 인해 감소한다는 사실을 알수 있다.

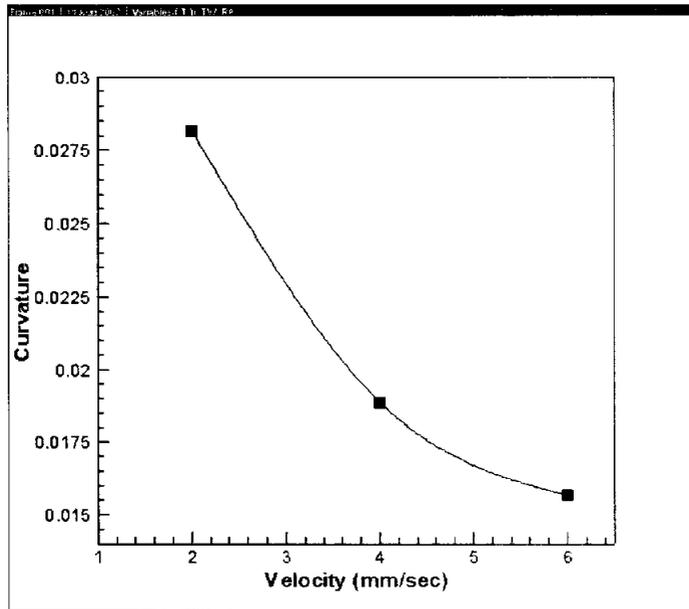


Fig. 8 The relation of the curvature and extrusion speed

Fig. 8은 반복실험에 의한 Table 2의 데이터 값을 바탕으로 굽힘곡률의 변화를 그래프화 한 것이다.

Table 2 Data of the curvature

횟수 / 순서	2 (mm/s)	4 (mm/s)	6 (mm/s)
1	0.0283	0.0188	0.0153
2	0.0285	0.0191	0.0156
3	0.0284	0.0189	0.0155
4	0.0287	0.0189	0.0154
5	0.0286	0.0190	0.0156
6	0.0284	0.0191	0.0156
7	0.0285	0.0191	0.0155
8	0.0286	0.0189	0.0154
9	0.0284	0.0191	0.0155
10	0.0286	0.0191	0.0156
평균	0.0285	0.0190	0.0155

3. 알루미늄6063을 사용한 압출 굽힘 가공

3-1 실험 장치의 구성

3-1-1 알루미늄 압출 장비

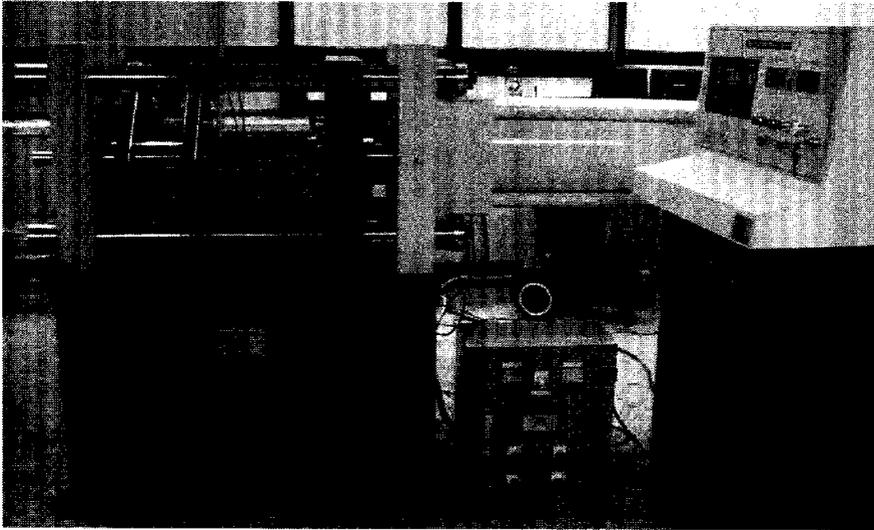


Fig.9 Equipment of extrusion bending process with
aluminum 6063

플라스티신을 사용한 압출굽힘 실험을 바탕으로 알루미늄 6063의 압출굽힘 실험을 진행하였으며 Fig.9 는 알루미늄 압출 굽힘기의 형태를 나타내고 있다. 다이와 컨테이너는 350℃-400℃ 로 가열할수 있는 가열기에 감싸여져 있고 스템은 200ton의 최대 압출하중을 전달할수 있는 유압 실린더에 고정되었다.

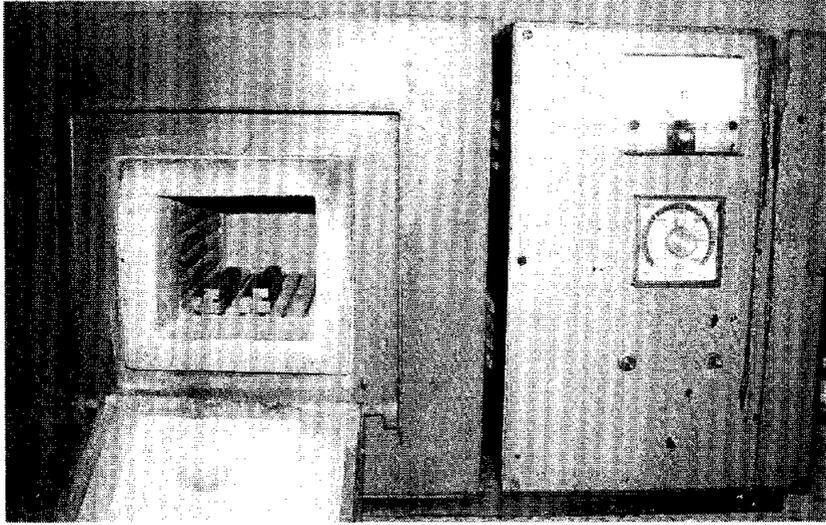


Fig.10 The electric furnace for heating of aluminum 6063

Fig.10은 빌렛의 가열에 사용된 가열로를 나타낸 것으로 빌렛의 온도를 400°C - 430°C 로 가열 유지 할수 있으며 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 의 온도 편차 이내이다.

알루미늄 압출에서 빌렛의 온도와 압출다이의 온도, 컨테이너의 온도는 전체 압출의 성공여부를 결정짓는 중요한 요소로써 각 요소의 온도 보정이 무엇보다 중요하다.

3-1-2 압출 다이의 구조

알루미늄 압출다이는 압출굽힘 하중과 응력에 견딜수 있도록 설계변경되었으며 Fig.11 은 이러한 알루미늄 압출다이의 설계 레이아웃을 나타낸다.

알루미늄 압출다이는 압출중 비틀림을 방지 하기 위하여 볼트로 컨테이너에 고정 하였으며 모서리부분의 형상 결함을 없애기 위하여 여유 유입량을 계산하여 설계되었다. 또한 압출중 굽힘을 위하여 굽힘이 발생하는 방향으로 소재 유입부를 넓게 설계하였으며 일정한 굽힘량을 가지도록 소재 유입량이 비례적으로 편심되게 설계 되었다.

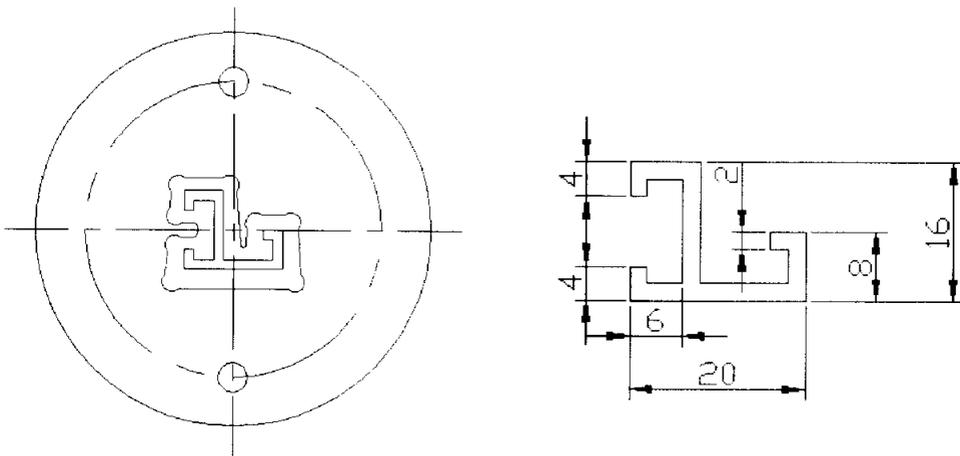


Fig. 11 Layout of extru bending die

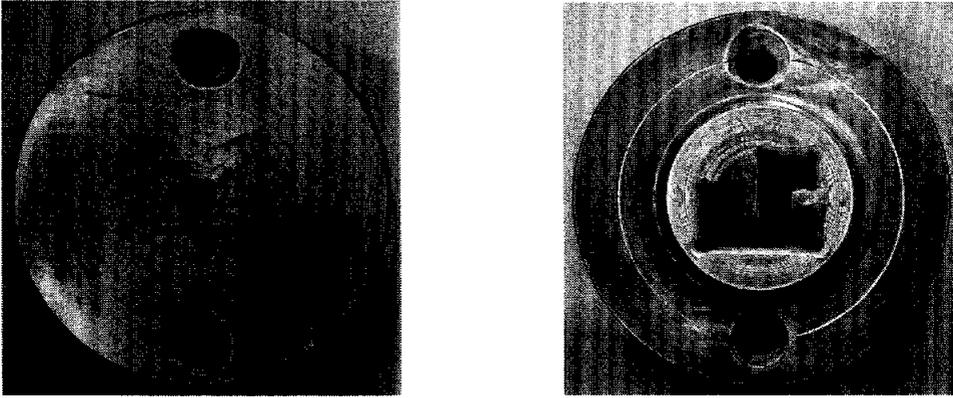
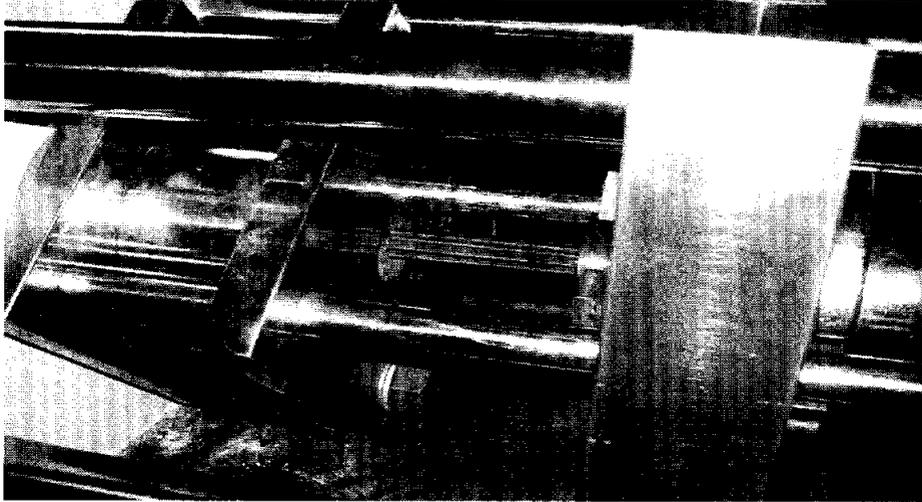


Fig. 12 The extrusion bending die for aluminum 6063

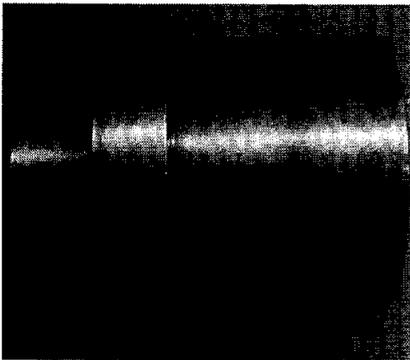
Fig. 12 는 실제 알루미늄 압출압힘에 사용된 경사형 압출다이를 나타내고 있다. 이 압출다이의 재질은 SKD61종 강으로써 압출하중과 고온에 견디도록 하였으며 다이내부 형상은 다축 와이어컷으로 가공하였다.

다이랜드부는 3mm로 설정하였으며 컨테이너와의 고정용 나사를 체결할수 있도록 하였다. 다이는 최종적으로 진공 열처리를 가하여 내부 강도와 경도를 증가시켜 실험에 사용하였다.

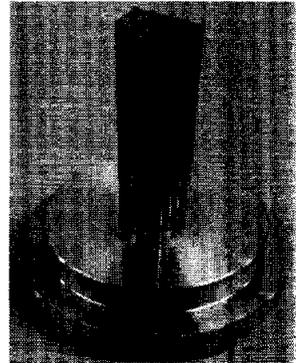
3-1-3 컨테이너와 스템의 구조



(a) The extrusion bending machine



(b) Container



(c) Stem

Fig. 13 The container and stem for extrusion bending process

Fig. 13은 컨테이너와 스템의 결합 모습과 각각의 형체를 나타내고 있다. 재질은 SKD61종 강으로 동일하며 다축 와이어컷 가공후 진공 열처리 하여 내부 강도와 경도를 증가 시켰다.

특히 컨테이너는 다이와 결합후 열선이 감긴 가열기에 삽입되어 350℃~400℃로 가열되며 압출시 발생하는 팽창압력에 견디게 하기 위하여 보강링으로 보강 하였다.

3-2 실험 방법

3-2-1 실험재료

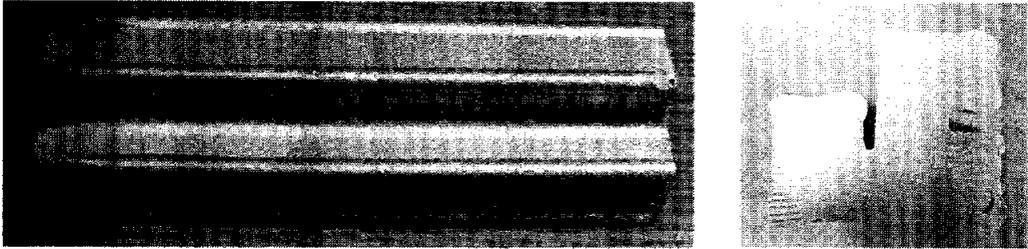


Fig. 14 Aluminum billet for extrusion bending process

Fig. 14 은 알루미늄 압출굽힘에 사용된 알루미늄 빌렛의 형상을 나타내고 있다. 알루미늄 재료(ingot)을 용해하여 주형에 넣어 주물로 제조된 형상으로써 압출 컨테이너의 삽입에 지장을 주지 않도록 동일단면으로 제작되었으며 빌렛 가열기에 의해 $430^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 로 가열되어 컨테이너에 삽입되게 된다. 알루미늄을 사용한 압출에는 많은 종류가 있지만 본 논문에 사용된 알루미늄 소재는 6063이며 Table 3 에서 알루미늄 합금별 용도와 특성에 대해서 간략히 소개하였다.

Table 3 The aluminum alloy

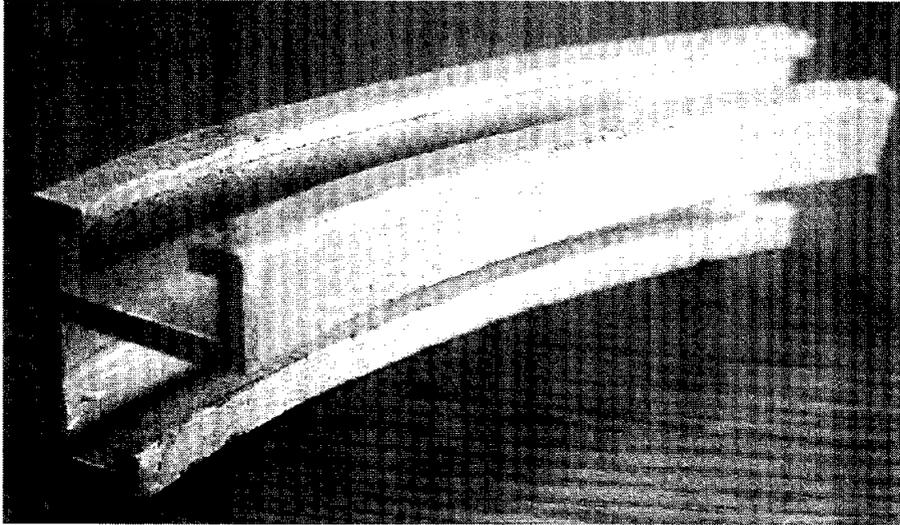
합금 계통	합금호칭		재료특성의 개요	용도예
	JIS	A.A		
Al Mg Si 계	6061	6061	열처리형의 내식성합금, T6처리로 높은 내력차가 얻어지지만 용접계수 강도가 떨어지기 때문에 볼트, 리벳구조용에 주로 사용	선박, 차량, 육상구조물
	6063	6063	대표적인 압출용 합금. 6061보다 강도가 낮으나, 압출성 우수 복잡한 단면형상의 형재를 얻으며 내식성, 표면처리성도 양호	건축, 차량, 가구, 가전제품
	6151	6151	특히 단조 가공성이 우수. 내식성, 표면처리성이 좋고 복잡한 단조품에 적용	기계, 자동차 부품
	7072	7072	전극위가 낮고 방식성 크라프트 피재로서 주로 사용되지만, 희생양극 작용을 이용하여 열교환 핑거에도 적용된다.	알루미늄 합금 피재, Al 세 열교환 핑거
	7075	7075	알루미늄 합금 중 최고의 강도를 가진 합금의 하나로 내식성이 떨어진다. 7072와의 크라프트에 의하여 내식성이 개선되지만, 가격이 높다.	항공기, 스키 용구 부품
	7003	7003	용접구조용 압출 합금. 7N01강도가 약간 낮다. 압출성 양호, 얇은 대형 형재를 얻을 수 있다. 기타 특성은 7N01과 거의 같음.	차량, 오토바이 림(rim)

압출에 사용되는 알루미늄의 합금은 순알루미늄계의 1xxx계열과 Al-Cu계의 2xxx계열, Al-Mn계 3xxx 계열, Al-Si계 4xxx계열, Al-Mg계 5xxx계열, Al-Mg-Si계 6xxx 와 7xxx계열로 분류한다. 실험에 사용된 알루미늄 합금은 Al-Mg-Si계의 6063으로 성형성이 우수하며 내식성, 표면처리성이 뛰어나 건축용재료와 구조용재료로 많이 사용되고 있다.

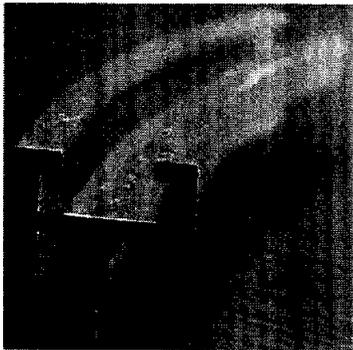
따라서 본 논문에서는 빌렛의 구조가 용이하고 복잡한 단면의 압출가공에 유리한 알루미늄 6063을 소재로 사용하여 실험 하였다.

3-3 실험 결과 및 고찰

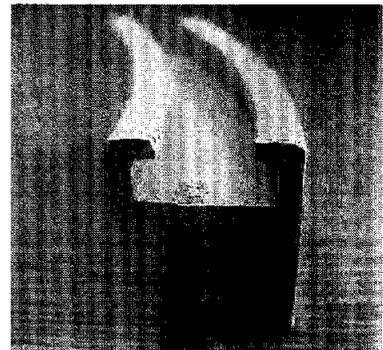
3-3-1 알루미늄 압출 굽힘 실험



(a) The extrusion bended product



(b) Front view



(c) Back view

Fig. 15 The extrusion bended product by extru bending process

알루미늄 압출압출력에 의해 압출된 제품을 Fig. 15에서 나타내고 있다.

압출품의 결함은 결정립의 과대성장이나 표면 산화물의 유입, 빌렛의 파이핑(piping)현상등이 있으며 표면적인 결함요소로는 세로줄이나 가로균열이 대표적이다. 연속 압출에서 발생하기 쉬운 결정립의 과대성장을 방지하기 위하여 1회의 압출을 한 공정으로 하였고 빌렛의 압출후기에 발생하는 파이핑(piping) 현상을 제거하기 위하여 소재의 2/3만을 압출 하였다. 다이영역에서 2차 응력이 발생할 때 열간 및 냉간취성으로 인한 가로균열은 압출속도가 클 때 변형일로 인해 다이근처의 온도가 열간취성 영역까지 상승함으로 발생하는 것으로 0.5mm/s의 낮은 압출속도와 다이의 온도를 실시간으로 모니터링하여 결함을 최소화 하였다.

실험을 통하여 성형된 압출품은 일정한 곡률을 가지며 단면의 형상 결함도 나타나지 않음을 확인 할수 있다. 또한 굽힘이 발생하는 안쪽과 바깥쪽의 결함이 나타나지 않으며 플랜지가 붙은 모서리 부분의 성형도 일정함을 알수 있다.

압출품의 초기 단면과 후기 단면을 비교하였을 때 단면 변형의 결함도 나타나지 않음을 확인할수 있으며 압출압력의 증감에 상관없이 일정한 단면을 유지하고 있는 것을 확인 할수 있다.

3-3-2 알루미늄 소재와 플라스틱 소재 제품의 비교

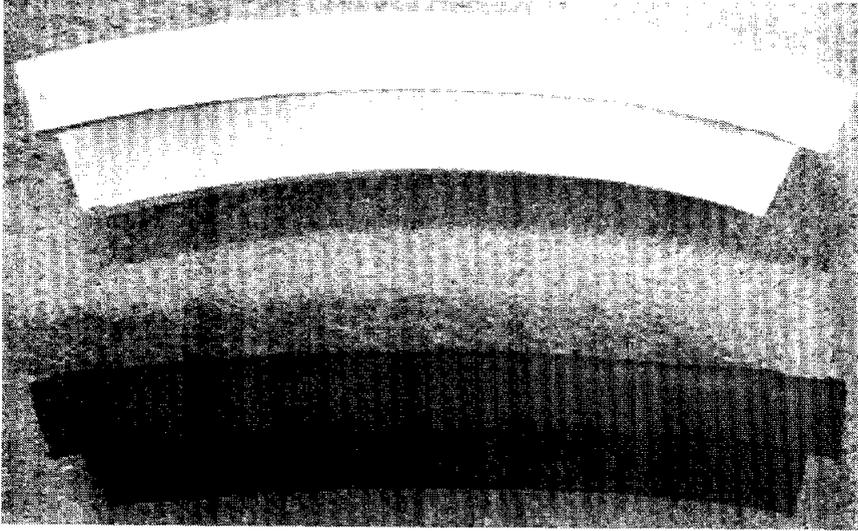


Fig. 16 The comparison of the two experiment results

알루미늄 압출굽힘 실험에 앞서 동일한 압출나이프를 사용하여 플라스틱을 소재로 하여 압출굽힘 실험한 결과와의 비교를 Fig. 16에서 나타내고 있다. 플라스틱 소재를 사용한 압출굽힘 실험에서는 빌렛과 컨테이너 내부의 가열을 배제하여 실험하였으며 단순한 압출 상태의 형상변화와 곡률의 변화를 비교 하였다. 알루미늄 압출굽힘 제품과 플라스틱 압출굽힘 제품을 비교하면 단면의 형상은 동일한 형태를 나타내고 있으며 압출중 형상결함이나 굽힘에 의한 주름이나 얇아짐은 나타나지 않은 것을 알수 있다.

4. 결 론

본 연구는 굽힘이 어려운 플랜지가 붙은 비대칭 단면 형상을 압출굽힘공정을 통해 일정한 곡률을 가진 제품을 플라스틱과 알루미늄 6063을 사용하여 압출할수 있었으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 플라스틱을 이용한 압출굽힘실험에서 다이의 입출구 형상의 편심으로 인하여 소재의 유입량을 조절하여 다이내부에서 빌렛의 유동량을 변화시켜 다이 출구에서 압출굽힘 제품을 얻을 수 있었다.

(2) 압출속도를 변화시켜서 곡률을 조절하는 실험에서 압출품의 곡률은 압출속도가 증가할 수록 작아진다는 것을 알 수 있었으며 압출굽힘공정에서 압출속도가 미치는 영향을 알 수 있었다.

(3) 상기의 결과를 바탕으로 알루미늄 6063을 사용한 압출굽힘 실험에서도 결함 없이 압출과 동시에 굽힐 수 있었다.

따라서 플랜지가 붙은 비대칭 단면의 알루미늄 압출제품을 압출과 동시에 굽히게 되면 일반적으로 굽힘가공시에 발생할 수 있는 단면의 변화, 두께의 변화, 표면의 주름잡힘 등의 결함이 없이 플랜지가 붙은 곡봉을 굽힐 수 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- (1) J.Gillanders, "Pipe and Tube Bending Manual", Gulf Publishing Compay, Houston, 1984, pp.16~62
- (2) Kurt Lange, 1985, "HANDBOOK of Mctal Forming", McGraw Hill, inc, p.16.1~16.66
- (3) Manabu Kiuchi and Michikio Hoshino, 1991-2, "Numerical Simulation of Forward Extrusion of Pipes through Bridge Die", Journal of the JSTP, Vol. 32 No. 361, pp. 174~181
- (4) 진인태, 1995, "원형제품의 압출가공시 제품의 굽힘현상에 관한 연구", 부산공업대학교 논문집, 제37집, pp.37,1~380
- (5) 김진훈, 진인태, 1998, "편심압출굽힘가공법에 의한 사각형 단면을 가진 중공 튜브제품의 U형 굽힘가공에 관한 연구", 한국소성가공학회지,Vol7.No2, pp177~185.
- (6) 박대운, 진인태, 2001, "다지형 압출편치의 상대이동속도 차이에 의한 금속 곡관의 열간금속 압출굽힘가공에 관한연구",한국소성가공학회 "2001 춘계학술대회논문집, pp.102~105.
- (7) 김민규, 박중원, 진인태, 2001, "편이 부착된 금속곡관 제품의 열간압출 굽힘가공에 관한 연구", 한국소성가공학회 2001 추계학술대회논문집,pp.204~207.
- (8) 김민규, 진인태, 정영득, 하만경 "포트홀 다이를 이용한 중공튜브 압출제품의 다이 챔버 형상에 따른 결합력에 관한 연구", 한국소성학회 2001 춘계 학술대회 논문집, pp.110~114, 2001
- (9) T.Sheppard, 1999, "Extrusion of Aluminum Alloys", Kluwer Academic Publishers.
- (10) Pradip K. Saha, 2000, "Aluminum Extrusion Technology", ASM International.

감사의 글

彌天大業紅爐雪이요 跨海雄基赫日露라
誰人甘死片時夢가 超然獨步萬古眞이로다.

하늘 넘친 큰 일들은 붉은 화롯불에 한 점의 눈송이요
바다를 덮는 큰 기틀이라도 밝은 햇별에 한 방울 이슬일세
그 누가 잠깐의 꿈속 세상에 꿈을 꾸며 살다가 죽어가라
만고의 진리를 향해 초연히 나 홀로 걸어가노라

뒤늦은 학문의 길에서 스스로의 길을 잃지 않기 위해 부수히 되 내이던 한 구절의 시입니다.

먼저 본 논문이 완성되기까지 많은 가르침을 주신 전인태 지도교수님께 감사드리며, 미흡한 논문의 심사를 맡아 주신 한규택 교수님과 마지막 순간까지 조언을 아끼지 않으시던 김광희 교수님께 진심으로 감사함을 드립니다.

논문이 완성하기까지 함께 동고 동락 했던 실험실의 선후배에게도 깊이 감사드리며 늦은 밤 힘겨운 실험으로 고생한 실험실의 동지들에게 감사의 마음을 전합니다.

언제나 묵묵히 아들의 결정을 이해해 주시고 어려운 여건 속에서도 큰 힘이 되어 주신 부모님께 감사드리며 학업을 핑계로 소홀했지만 항상 든든한 후원자가 되어 주신 가족과 친지 여러분께 깊이 감사드립니다.

끝으로 남편의 늦은 학업을 위해 말없이 인내하고 뒷바라지에 여념이 없었던 나의 아내, 부족한 남편의 능력을 따스한 눈빛과 사랑으로 믿어주었던 나의 아내에게 이 논문을 바칩니다.