

# 日本の 고에너지 속도가공 기술과 연구동향



根岸 秀明

電氣通信大學 機械制御工學部 教授

●1936년생  
●고속재료 시험, 복합판의 소성가공, 전자기성형분야를 전공하였으며, 특히 전자기성형의 응용, 충격 역학분야에 관심을 가지고 있다.

## 1. 머리 말

고에너지 속도가공(high energy rate forming)이란 가공에 필요한 에너지를 극히 단시간 내에 재료에 공급하여 高速度로 성형가공을 행하는 기술을 말한다. 통상적인 가공법에서는 적당한 기계공구를 사용하여 이 에너지를 점차적으로 방출하면서, 비교적 느린 가공 속도로 국부적인 가공을 계속하여 최종 제품에 도달하게 된다.

현재 실용화되어 있는 고에너지 속도가공법은 가공에너지源의 종류에 따라 다음 4종류로 대별된다. 즉 화약의 폭발을 이용하는 방식(爆發成形 등), 고전압 방전에 의한 金屬細線爆發이나 불꽃 放電을 이용하는 방식(放電成形 등), 순간 강자장을 이용하는 방식(電磁氣成形 등) 및 고압가스에 의한 피스톤의 고속구동을 이용하는 방식(고속프로레스 등)이다. 이들은 모두 기술 개발이 이루어지고 나서 30년 여가 경과되었다. 그 동안의 기초연구의 진전과 이에 따른 기술의 진보, 경험이 축적됨에 따라 현재는 이들 가공법의 생산 수단으로서의 특실이 어느 정도 명백히 알려져 있고, 공업적인 평가도 정착되었다고 생각된다.

일본에서는 후술하는 바와 같이, 일본 국내의 제품수요의 관계 등으로부터 일부 산업분야

를 제외하고는 이들 가공법에 의한 공업생산 실적이 그렇게 많지는 않지만, 기술적인 관심은 높고, 관련 연구도 일찌기 시작되어 지금까지 계속되고 있다. 최근에는 고에너지 속도 가공법이 재료 가공 뿐만 아니라, 발생하는 충격 압력의 새로운 이용의 면에서도 주목되고 있다. 예를 들어, 티타늄 합금분말의 압축성형과 같은 新素材의 제조법에의 적용과 같은 것들이 관심을 끌고 있다.

본 글에서는 일본에서의 이 가공법에 대한 지금까지의 과정<sup>(1~2)</sup>을 되돌아보고, 금후의 기술전개에 대하여 생각해 보고자한다. 또한, 이들 特異한 가공법을 소개하는 의미에서, 본문에서는 가공법이 개발된 배경과 대표적인 가공법에 관하여도 그 개요를 기술한다.

## 2. 기술 개발의 배경

최근, 새로운 공업재료의 연구개발이 급속하게 진행되고 있으며, 그 성과가 사회적으로 큰 관심을 끌고 있다. 신소재의 탄생은, 이에 따른 제품의 고성능화, 경량화, 코스트의 절감, 또는 신제품의 개발등이 기대되기 때문에 그 파급효과가 크다. 재료를 효과적으로 이용하기 위해서는 이를 효과적으로 가공처리할 수 있는 기술이 필요하다. 그러므로, 신소재의 탄생은 고에너지 속도 가공법을 포함하는 관용의 재료

가공법에 대한 재평가와 개량, 또는 신가공 기술의 개발을 촉진하는 하나의 계기가 될 것으로 생각된다. 이와 같은 상황은 고에너지 속도 가공법이 금속가공분야에 등장했을 때의 상황과 유사하다. 즉, 제 2차 세계 대전을 경계로 하여 비약적인 발전을 이룩한 항공기 산업에서는, 전후의 본격적인 초음속비행, 우주비행의 시대를 맞이하여 사용기기의 기능적 또는 강도의 요구에 의해 각종의 高張力 金屬과 耐熱合金을 사용할 필요성이 대두되고 있었다. 이에 해당하는 재료가 계속 개발되어 이들을 가공할 수 있는 새로운 방법의 개발이 강력히 요청되고, 또한 대형 부품이나 복잡한 형상의 부품의 수요가 증대하여 이를 효율적으로 제작하기 위한 방법이 모색되고 있었다.

그 타개책으로서 1950년대초 미국에서 폭약의 에너지를 이용하여 금속 판재와 管을 필요한 형상으로 성형 가공하는 폭발성형이 개발되고, 1955년경 에는 우주 항공용의 대형후 판재의 가공도 가능하게 되었다 이것은 주로 파괴 목적으로 이용되고 있던 화약류를 각종의 형상, 재료의 성형가공에 응용하였다는 것, 대용량의 기계장치가 필요없이 대형 부품의 성형가공이 가능하다는 것, 또한 이러한 試作이나 소량생산을 경제적으로 행할 수 있다는 것 등을 입증하였다는 점에서 획기적인 사건이었으며, 각국의 주목을 집중시켰다. 더우기, 미국에서는 1957년 소련의 인공위성 스프토니크의 발사 성공에 자극을 받아, 이 방면의 기술에 대한 개발연구, 응용 연구가 우주항공을 비롯하여, 자동차, 電氣, 원자력등 여러 산업분야에서 촉진되었다<sup>(3-5)</sup>.

또한, 재료의 고속변형 거동을 연구하기 위하여 개발된 압축가스 구동의 재료 시험기를 소성 가공에 응용하고자하는 연구가 수행되어, 단조, 압출등을 대상으로 하는 고속단조기와 고속프레스가 개발되었다. 그 결과, 1960년까지 전자기 성형법이나 液中放電 성형법등을 포함한 고에너지 속도가공법의 거의 전부가 개발되어, 실용화를 목표로 하는 연구가 시작되었

다.

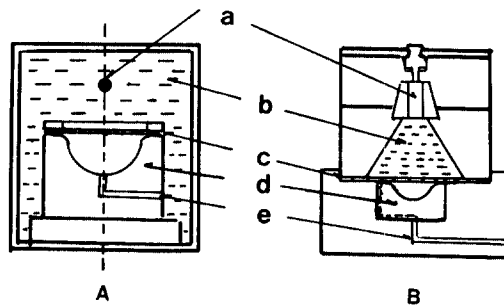
### 3. 가공법의 개요와 일본에서의 기술연구

#### 3.1 폭발에너지를 이용하는 방식

폭약이 지닌 에너지는 다방면에서 이용되고 있다. 재료가공과 관련된 분야로서는 폭발성형(explosive forming), 폭발압착(explosive welding), 폭발경화(explosive hardening), 폭발압분(explosive compaction), 폭발절단(explosive cutting)이 대표적이다.

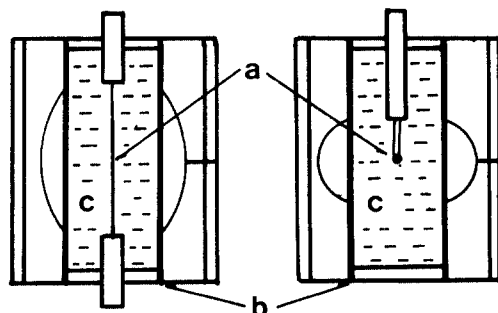
##### (1) 爆發成形

폭발성형의 가공대상은 주로 판재이다. 그 기본적인 성형양상을 그림 1과 그림 2에 나타



(A: 개방식, B: 밀폐식, a: 폭약, b: 물, c: 가공물, d: 금형, e: 배기)

그림 1 평판의 폭발성형



(a: 화약, b: 가공물, c: 물)

그림 2 원통형관의 폭발성형

내었다. 수중에서 폭발을 폭발시키면, 폭발은 순간적으로 고온고압의 기체가 되어 팽창하고 충격파를 발생한다. 기체는 물의 영향을 받아 팽창과 수축을 반복하기 때문에 가공물은 반복하여 압력파를 받아 변형한다. 정밀한 型變形을 하는 경우에는 내부를 미리 배기한다. 대형 부품의 경우는 자유성형에 의한 방법으로 행한다. 이 방법의 특징은 일반의 프레스 가공과 달리 此型만으로 가공이 가능하다는 것, 스프링 백이 적고, 제품의 치수精度的 개선을 기대할 수 있다는 것, 이용 가능한 폭발 에너지양의 제한이 없으므로 일반 가공기의 능력으로는 곤란한 또는 불가능하다고 생각되는 대형 부품의 가공을 비교적 용이하게 할 수 있다는 것과, 폭발을 취급하고 폭발음의 관계로 작업장의 입지조건이 제한된다는 것 등을 들 수 있다.

폭발성형에 관한 연구는 세계 각국에서 정력적으로 수행되었다. 일본에서는 1960년 경부터 폭발성형에 관련되는 기술 보고나 논문이 눈에 띄게 시작하였다. 예를들어, 1960년의 학회지에는 폭발 성형된 재료의 금속재료 조직과 경도의 변화, 半球狀의 型에 의한 강판의 자유성형 실험, 강판의 환관 체결 실험이 각각 보고되었다. 가공 실례로서, 판재로서는 자동차용 브레이크판이나 압력계용 폴게이트판의 제조, 알루미늄 패널에 정밀한 모양을 轉寫한 건물의 장재의 제작등이 있으며, 판재 가공품으로는 제트엔진용 消音器가 있다. 폭발성형의 최대의 장점은 대형 부품의 제작이 가능하다는 점이며, 일본에서도 판두께 25mm, 직경 1,600mm의 조질 고장력 강판의 大形鏡板이 제작되기도 하였다<sup>(6)</sup>. 이런 종류의 가공에서는 인건비를 제외하면 가공비의 대부분은 제작에 소요되는 비용이다. 일본에서는 대형부품의 수요가 극히 적기때문에 제작비의 단가가 높아지므로 널리 이용되지는 않았다.

(2) 爆發壓着

폭발성형시 피가공재가 금형에 충돌하여 압착되는 경우가 있다. 폭발압착은 이를 이용하

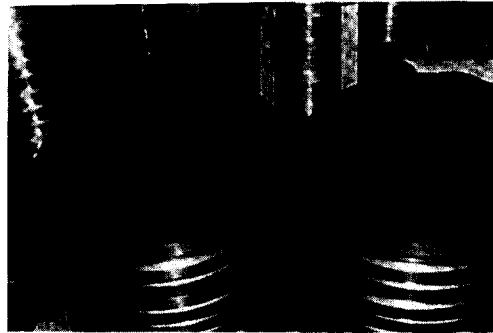


그림 3 폭발 클래드판(日本 旭化成 工業株式會社 提供)



그림 4 폭발 클래드에 의한 제품(日本 旭化成 工業株式會社 提供)

여 금속을 상온에서 접합하는 기술로서 개발되어, 1965년 이후에 급속히 실용화가 진행되었다.

폭발압착의 주용도는 그림 3, 그림 4등과 같은 클래드材 (爆着 클래드)의 제조이다. 일본의 폭발 클래드의 생산은 연간 15,000m<sup>2</sup>로 미국과 같은 정도이다. 量的으로는 티타늄, 지르코늄, 스테인레스鋼등을 耐蝕部材서 強度部材 (母材)로 軟鋼이나 鑄鋼을 사용한 2층의 내식성 구조용 클래드강이 가장 많고, 화학플랜트나 화력, 원자력 발전의 설비, 각종 압력용기 등의 분야에서 사용되고 있다. 이 방법에 의하면 거의 전 금속에 대하여 이들을 조합한 접합이 가능하며<sup>(7)</sup>, 용융점의 차가 큰 재료,

경도가 다른 재료, 열팽창의 차이가 큰 재료 등의 클래드의 제조에도 적용 가능하고, 다층 클래드판도 제조할 수 있게끔 되었다. 그러나, 폭발의 충격으로 깨지기 쉬운 주철등은 곤란하다. 多層 클래드 강판을 열간 또는 냉간 압연하여 큰 치수의 클래드 薄鋼板을 저가로 얻을 수 있는 방법이 실용화되었다. 화학 플랜트나 耐海收用材로서의 티타늄 폭발압연 클래드강판, 리니어 모터용의 비자성, 강자성 복합재료서의 알루미늄 클래드등, 이종금속의 조합에 의해 새로운 기능을 갖는 재료가 탄생되어 각 분야에서 이용되고 있다.

管材클래드도 공업화 되어 있고, 액체질소, 헬륨등 극저온 액체의 용기와 배관등의 이음매에 활용되고 있다. 그밖에, 다관식 열교환기의 전열관의 관재에의 압착이 실용화되었다. 또한, 아몰퍼스箔을 그 특성을 잃지 않고 다른 금속판에 폭발 압착하는 기술, 금속박을 세라믹 재료에 폭발 압착하는 기술이 연구되고 있다.

압착 메카니즘에 관한 연구는 거의 일단락된 상태이다. 압착재가 모재에 고속으로 충돌하고, 이때의 충돌점에 발생하는 금속의 噴流에 의해 接合素材의 청정한 면이 노출되고, 이어서 작용하는 고압에 의해 그 면이 밀착하여 접합이 완료된다. 접합 계면에는 폭발압착 특유의 波狀模樣이 형성되어, 접합계면 박리가 일어나기 어렵다고 하는 압착이론이 형성되어 있으며, 적절한 압착조건의 선정등에 활용되고 있다. 폭발압착은 이종금속의 접합법으로서 신뢰성이 높고, 금후 더욱 새로운 용도의 개발이 기대된다.

### (3) 爆發硬化

폭발시 발생하는 충격과 부하를 받은 금속 재료는 일반적으로 경화되므로, 공업적으로는 이를 표면경화에 응용하여 폭발경화라고 한다. 폭발경화는 재료의 치수를 거의 변화없이 그 장소만을 상당한 깊이까지 경화시킬 수 있다.

폭발경화는 高망간 鑄鋼에서 효과가 크다. 레일클로싱, 불도져, 압연롤과 같은 고강도,

내마멸성이 요구되는 부품이 많다. 레일클로싱은 중량물 운반이 많은 미국이나 호주에서 많이 사용되고 있으며, 일본에서도 시험사용 중이다. 시험사용 결과에 의하면, 종래의 경화처리 제품과 비교하여 3~5배의 수명을 보이고 있으며, 철도 차량의 대형화, 고속화에의 대응책으로서 금후의 발전이 기대되고 있다<sup>6)</sup>.

### (4) 爆發壓分

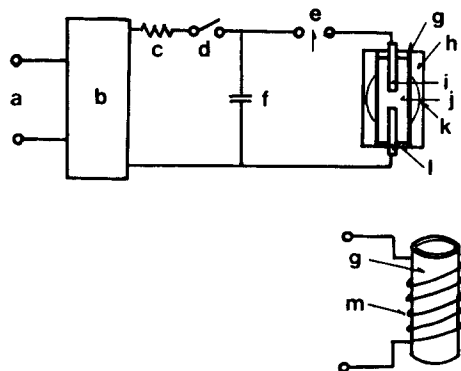
폭발압력을 이용하여 분말을 압축하고 고품화하는 기법이 신소재 개발의 견지에서 주목을 끌고 있으며 이를 폭발압분 이라고 한다. 티타늄 합금등의 금속분말, 세라믹분말, 고분자 재료의 폭발압분, 통상의 분말 성형법으로는 고품화가 곤란한 아몰퍼스 합금분말의 폭발압분 등에 대한 실용화 연구가 수행되고 있다.

## 3.2 방전에너지를 이용하는 방식

### (1) 放電形成

콘덴서에 저장된 전기에너지를 순간적으로 방출함으로써 재료 가공에 필요한 힘을 얻을 수 있다. 방전성형은 그림 5와 같이 전극사이에 방전을 일으키거나, 또는 전극사이에 금속 細線을 연결하여 放電을 하여 이때 발생하는 충격압력을 가공에 이용하는 방법이다. 방전시의 안정성과 효율등의 점에서 일반적으로는 도선방전 방식이 채용되고 있다. 또한, 방전이 액체(일반적으로 물)중에서 수행되기 때문에 中放電이라고도 한다. 장치의 주요부는 그림 5에 나타낸 바와 같이, 충격전류용 콘덴서, 직류고전압 발생장치, 방전시동 스위치, 전극등의 성형부와 충전전압의 설정과 스위치 시동을 행하는 제어부로 되어 있다. 전극사이의 금속 細線은 전류에 의해 용융점에 도달한 후 폭발적으로 기화하고, 이때 충격 압력파가 발생한다.

방전성형이 실용화의 가능성을 보인 것은 폭발성형과 같은 시기이었다. 미국, 소련과 거의 동시기에 일본에서도 연구가 시작되어, 1960년 경에는 日産실용기가 완성되었다. 따라서, 생

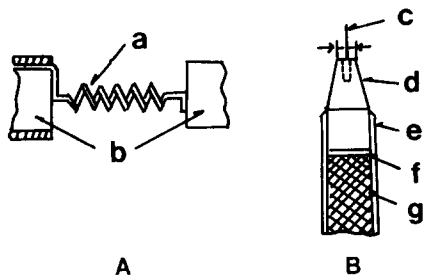


(a: AC전원, b: 직류 고전압 발생장치, c: 충전저항, d: 충전스위치, e: 방전시동 스위치, f: 콘덴서 뱅크, g: 가공물(관), h: 금형, i: 전극, j: 용액(물), k: 배기, l: 실링, m: 성형코일)

그림 5 방전성형(上)과 전자기 성형(下)

산에의 적용을 목적으로 성형실험이 계속되었으며, 공업용 펌프의 로터와 같이 환봉의 절삭 가공품으로부터 방전성형에 의한 관의 벌지 가공품으로 대체하는 것이 가능해져, 가공 공정의 단축과 코스트의 절감에 성공한 예, 열교환기의 핀(fin)과 관과의 체결, 관재의 방전 벌지가공, 전단가공, 구멍내기 가공에 의한 항공기나 전기부품의 제조등 많은 실용예가 소개되었다<sup>9)</sup>.

방전성형은 피가공재에 부여하는 압력의 제어가 콘덴서 충전 에너지의 조절에 의해 쉽게 가능하다는 점, 방전의 반복이 간단하다는 점, 폭발성형과 같은 작업장의 입지 조건에 제한을 받지 않고, 성형장치를 공장내에 설치하여 생산라인에 배치할 수 있다는 점, 管材의 이차가공을 매우 용이하게 할 수 있다는 점 등의 장점을 지니고 있다. 반면, 압력 전달용의 물이 필요하고, 또한 금속세선을 사용하는 경우에는 방전할 때마다 이를 교환하여야 하고, 때때로 물의 교환이 필요하기 때문에 작업량의 증가 등이 문제점으로 지적되어 일본 국내의 생산현장에서는 크게 활용되지 않았다.



(a: 세선폭발전극, B: 압력반사용 전극선단부, a: 도선, b: 전극 c: 금속도선, d: 전극선단부, e: 절연용 튜브, f: 동관, g: 전극본체)

그림 6 전극의 형태

그러나, 기초연구는 계속 수행되었으며, 특히 금속세선의 폭발과 충격과 발생의 메카니즘의 해명이 진행되어<sup>10)</sup>, 충전 에너지의 이용 효율을 높이는 조건, 금속세선이 구비하여야 할 조건 등이 명백히 밝혀졌다. 관재 성형용 전극에 대하여도, 그림 6(A)의 일반형외에 압력파의 반사가 가능한 형상으로 개조하는 연구도 수행되고 있으며, 이들을 종합하여 성형 목적에 맞추어 충격파를 적절하게 제어하기 위한 연구가 진행되고 있다.

### (2) 기 타

방전압력을 이용하여 피스톤을 고속 구동시킴으로써 성형을 하는 기술의 개발연구, 또한 유리관 속에 충전한 금속분말에 충격 대전류를 통전하여 粉末 주열가열과 전자력에 의한 고품화하는 연구 등, 몇가지 새로운 방법이 검토되고 있다.

## 3.3 磁場에너지를 이용하는 방식

### (1) 電磁氣 成形

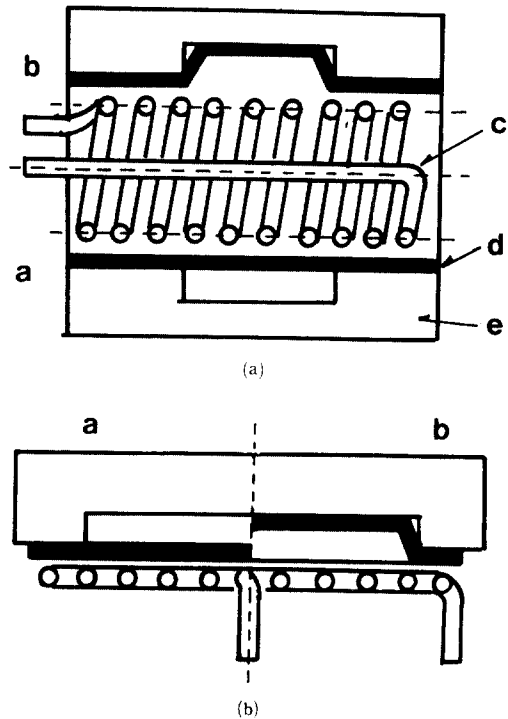
전자기 성형은 1950 년대말 미국에서 개발되었다. 성형장치는 그림 5의 방전 성형기의 콘덴서에 코일을 접속한 것을 기본으로 하여, 이에 안전 장치와 콘트롤 장치가 부착되어 있다.

그림 5와 같이 코일(성형코일 또는 성형용코일) 내부에 금속관(피가공물)을 놓고, 콘덴서를 방전하면 관의 표면층에 유도전류가 흐른다. 이 전류의 방향은 코일에 흐르는 전류와 반대방향이 된다. 양쪽의 전류에 의해 발생하는 磁場은, 전류의 방향이 반대이므로 관의 내측에서는 서로 소멸하고 관과 코일사이의 부분에서는 겹쳐지게 된다. 자장에는 자장의 강도의 2승에 비례하는 에너지가 축적되므로, 이 에너지가 관을 소성변형할 수 있을 정도가 되면, 관은 안쪽으로 압축된다. 따라서 관의 내측에 소정의 찌를 놓고 스웨이징이나 전단가공을 하거나, 다른 部材를 놓고 관과 이를 접합하는 것이 가능하다.

성형코일의 기본형은 솔레노이드 코일과 평판스파이럴 코일의 2종류로서, 그외에 필요에 따라서 원추형, 球型코일이 사용된다. 기본형의 코일을 사용하는 것에 의해 성형은 3종류의 양식으로 요약된다. 그 하나는 전술한 축관 성형으로 응용 범위가 넓다. 둘째로는 그림 7과 같은 확관 성형으로 솔레노이드 코일을 관의 내측에 설치한다. 型成形, 전단, 플랜지 가공 등 소성가공 분야에서의 응용 범위가 크며 그림 8은 그 성형 예이다. 세번째는 평판 성형으로 코일면에 판재를 놓고 성형을 한다. 디이프드로잉, 스트래칭, 코이닝, 엠보싱, 전단등이 가능하나, 관용의 프레스 가공과 경합하고 있다.

전자기 성형의 주된 장점은 방전성형이나 폭발성형에서와 같이 필요한 힘을 전달하기 위한 물이 필요 없으며, 따라서 성형은 대기중에서도 진공에서도 가능하다. 에너지의 조절은 방전성형과 같이 용이한점 대형 부품을 목적으로 하지 않는 한 성형장치는 범용의 공작기계와 같은 정도의 크기 이며 생산 라인에의 투입이 가능한 점 등이다.

고에너지 속도 가공법 중에서는 작업성과 생산성이 탁월하며, 미국을 비롯하여 세계 각국에서 연구가 행하여 졌다. 미국에서는 실용연구가 활발하게 진행되어, 항공기, 자동차, 전



A: 확관 성형 방식, B: 평판 성형 방식  
(a: 성형전 형상, b: 성형후 형상, c: 성형코일, d: 가공물, e: 금형)

그림 7 전자기 성형의 기본방식

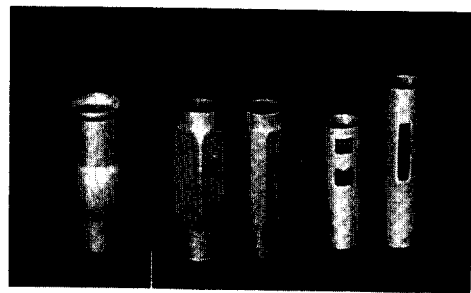
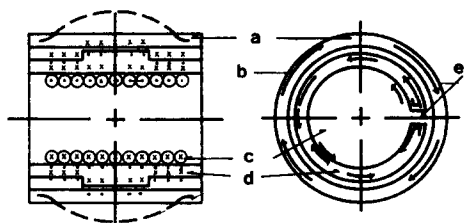


그림 8 전자기 성형에 의한 확관 성형가공품

기, 원자력 등 광범위한 산업 분야에서 이용되고 있다<sup>(3~4)</sup>. 일본에서는 몇몇 대학과 기업에서 연구가 시작되었으며, 가공물의 변형거동, 자장과 전자기력의 해석등의 성형의 기본사항



(a:가공물(관), b:전류, c:성형코일, d:자속집중기, e:슬리트)

그림 9 자속 집중기의 작동 원리

에 관한 연구는 행하여 졌으나<sup>(11)</sup>, 미국에서 출원된 특허와의 관계, 당시 활용가능한 분야가 적었다는 것 등이 원인이 되어 실용적인 이용은 활발해지지 않았다.

그러나, 최근의 공업제품은 다양화되는 경향이 있으며, 이에 대응하여 판재의 2차 가공품의 수요가 증대되어 왔다. 따라서, 전자기 성형이 판재 성형에 적합하다는 것이 공업계에서 주목을 집중하게 되었다. 판재 성형의 경우 자속 집중기의 연구가 기여하고 있다. 자속 집중기는 성형 코일이 받는 충격력을 대신하는 역할과 성형에 필요한 전자기력을 가공물의 특정한 부분에 집중시키는 역할을 한다. 자속 집중기는 동 또는 황동으로 한 번 권선한 트랜스라고 할 수 있는데 성형코일과 비교하여 매우 용이하게 제작할 수 있으며, 그 작동원리를 그림 9에 나타낸다. 자속 집중기는 실용적으로 유용한 공구이며 이용 가능한 작업이 많아질 것으로 생각되며, 이에 관한 기본적, 실용적인 연구가 진전되고 있다<sup>(12)</sup>.

### (2) 전자기 프레스

전자기 프레스는 평판 스파이럴 코일의 하부에 알루미늄 램을 부착하여 전자기 성형의 평판성형과 같은 원리에 의해 램을 고속으로 아래쪽으로 구동시키는 장치이다. 램을 부착한 펀치와 다이홀더 위의 다이로 가공이 행하여진다. 범용의 프레스와 비교하여 충중량을 경감할 수 있는 특징이 있다. 시험적으로는 아몰

퍼스箔의 고속전단, 금속 분말의 고속 압축성형에 이용되고 있다.

### 3.4 고압가스 또는 충격수압을 이용하는 방식

압축가스 구동의 고속재료 시험기를 소성 가공기에 응용한 고속 단조기가 미국에서 발표되었다. 작동원리는 고압가스로 피스톤면에 급속히 부하를 주어 피스톤과 이에 연결된 공구를 급속히 운동시키는 것이다. 그 속도는 5~22 m/s정도이며, 드롭해머의 3.6~5.5m/s, 액압프레스의 0.2~0.4m/s에 비하여 큰 값이다. 공구의 선단과 치구를 목적에 따라 교환하면 단조, 압출, 판금, 분말성형등 각종의 가공을 할 수 있다. 이와 같이 작동 원리에 근거를 둔 가공기는 일본과 서독에서도 제작되었다. 큰 특성은 고속 가공이기 때문에 열간 가공시와 같은 금형의 온도상승이 작고, 내부의 細部까지 재료가 흘러 일회 가공으로도 고정도의 제품이 얻어질 수 있으며, 또한 완충장치에 의해 기반에 큰 힘이 가해지지 않기 때문에 기초를 간단히 할 수 있다는 것이다. 가공의 실례로서는 치차, 기아박스, 다이아프램등의 제작 이외에 비대칭 형상품과 박형의 복잡한 형상의 제품이 試作되었다.

충격 수압을 이용하여 고속 성형가공을 하는 장치가 일본에서 개발되었다. (1966년)<sup>(13)</sup> 하이드로 펀치라고 하는 이 장치는 0.3~1.5MPa의 압축공기에 의해 해머를 가속하고 이것으로 밀폐용기내의 물을 타격하여 0.3~300MPa, 지속시간 3~10ms의 충격 수압을 발생시켜 이 압력으로 각종의 성형가공을 한다. 이는 공기와 물을 사용하는 경제적인 가공기이며, 실제의 작업시간이 짧고, 기계의 조작은 전기적으로 조절되어 반복작업이 용이한 것이 장점이다. 이 가공기에 의해 연강과 스테인리스 강관의 벌지 가공품, 판재의 디이프드로잉 가공품이 제작되었다. 장치의 범용성, 신뢰성, 저코스트화를 향한 연구가 계속되고 있다. 충격수압 성형의 분말 압축에의 응용 연구도 성과를 얻고 있으며<sup>(14)</sup>, 정압에 의한 경우와 비교하여

첫수의 정도, 분체밀도, 성형 작업성등이 우수하며, 분말의 활용범위가 확대되는 경향이기 때문에 성형 방법의 확립과 관련된 데이터의 정비가 기대되고 있다.

#### 4. 학회에서의 활동내용

고에너지 속도가공에 대한 관심의 고조는, 그 기술의 개발 당시로 돌아가볼 필요가 있다. 즉, 일본의 정밀 공학회에서는 1960년대에 방전성형에 관한 分科會를 발족시켜, 성형가공 기술에 관한 정보의 교환 및 수집, 연구협력과 토론등의 활동을 하고 그 성과는 성형장치를 탄생시키는데 크게 공헌하였다. 그러나, 그후 생산 현장에서 방전성형의 활용이 정체됨에 따라 활동도 정체되었다. 고에너지 속도 가공은 그외에도 전기가공학회, 기계학회 등 몇몇의 학회에서 화제로 언급되었다. 최근이 되어 다시 이 가공법의 관심이 높아져, 소성 가공 관계의 기술자, 연구자의 학회인 일본 소성가공 학회에 분과회가 탄생하고, 또한 일본 기계학회의 몇몇 학회에서도 연구 그룹이 활동하고 있다.

한국에서는 전자기 성형에 관한 연구회의가 개최되었다<sup>(15)</sup>. 이와 같은 뉴우스를 듣게 됨에 따라 국제적인 연구협력도 꿈만은 아닌 것으로 생각된다.

#### 5. 맺 음 말

고에너지 속도 가공법 중에서 주요한 것을 발췌하여 그 개요와 금후의 전개에 대하여 기술하였다. 폭발압착과 같이 실제로 활용되고 있는 기술로부터, 폭약 또는 전자기력에 의한 분말압축 성형과 같은 개발도상의 기술까지 고에너지 속도가공법의 범주에 속하는 기술분야는 광범위하다. 관용의 가공법에 비하면 역사도 짧고, 실용화에 있어서 해결하여야 할 문제도 많이 남아있다. 현재 실용화를 위한 연구도 착실히 성과를 얻고 있으며, 고에너지 속도 가

공법의 앞날은 밝다고 할 수 있다.

고에너지 속도가공의 진보와 발전을 위하여는 가공기술에 관한 연구와 함께, 재료가 고속 변형을 받을때의 거동과 특성에 관한 연구를 함께 진행할 필요가 있다. 여기서는 후자의 연구에 관하여 언급하지 않았으나, 고속재료 시험법과 그 평가법, 塑性渡 傳播 해석, 계측법 등 많은 연구 성과가 매년 보고되고 있다.

최근, 韓日 양국에 대한 세계 각국으로 부터의 기술면, 코스트면에서의 도전이 점점 심해지고 있다. 금후의 시장경쟁을 생각하면, 코스트와 관련된 제조 기술의 중요성은 확실히 증대하고 있다. 본문이 제조기술에 관심을 갖는 기술자, 연구자들에게 도움이 될 수 있다면 다행스럽게 생각한다.

마지막으로, 글을 작성하는데 있어 부산대학교 최재찬 교수께 귀중한 조언을 얻었으며, 번역에 수고하여 준 국방과학연구소 이종수 박사, 황운석 박사에게 감사드린다.

#### 참고문헌

- (1) 根岸秀明, 鈴木秀雄, 1988, 日本機械學會誌, Vol.91, No.841, p1249.
- (2) 鈴木秀雄, 根岸秀明, 1986, 塑性と加工, Vol.27, No.303, p457.
- (3) Metals Handbook., 1968, Vol.4 Forming ; 1988, Vol.14 Forming and Forging, ASM.
- (4) Bruno, E.J. 1968, High-Velocity Forming of Metals, ASTME.
- (5) Blazynski, T.Z., 1983, Explosive Welding, Forming and Compaction, Applied Science Pub.
- (6) 小野寺眞作, 小野内善一, 徳田昭, 1964, 塑性と加工, Vol.5, No.42, p474.
- (7) 久保田彰, 1987, 塑性と加工, Vol.28, No. 332, p1121.
- (8) 小田明, 1988, アマガ技術ジャーナル, Vol.21, No.104, p36.
- (9) 田近邦雄, 向坂光雄, 1863, 塑性と加工,



- Vol.4, No.34, p739.
- (10) 今井田豊, 平井恒夫, 三木英雄, 1984, 塑性と加工, Vol.25, No.283, p709.
- (11) 鈴木秀雄, 近岸秀明, 新井洋三, 指宿 力, 1973, 日本機械學會論文集, Vol.39, No.317, p432.
- (12) 村田眞, 近岸秀明, 鈴木秀雄, 1983, 塑性と加工, Vol.24, No.274, p1120.
- (13) 富永寛, 鈴木慧, 1982, 塑性と加工, Vol.23, No.255, p321.
- (14) 鈴木慧, 1985, 日本塑性加工學會 88回 シンポジウム テキスト, p17.
- (15) Proc. Conf. Magnetic Pulse Forming, June, 1989, ADD, Daejeon, Korea.



■ 국제 학술대회 참가 안내 ■

20th International Congress on High Speed Photography and Photonics

장 소 : Victoria, Vancouver, Canada

일 시 : 1992年 9月 21日 ~ 1992年 9月 25日

논문제목마감 : 1991년 7月 31日, (초록마감 1992. 2.)

- 논문분야 :
1. Optomechanical high speed cameras
  2. Image converter and intensifier cameras
  3. PS and FS techniques
  4. Flash-radiography
  5. High speed video techniques and applications
  6. Holography and interferometry
  7. Image and data processing
  8. Plasma diagnostics
  9. Recording media for high speed photography
  10. Lasers and light sources for high speed photography
  11. CCD and sensors for high speed videography
  12. Schlieren, shadowgraph, spectroscopy, time resolved spectroscopy.
  13. Applications in industry
  14. Applications in biomechanics and physical training
  15. Visualization and applications
  16. Applications in trajectory, impact and explosion studies
  17. Slow motion film and video for entertainment, education and advertising

연 락 처 : 기타 자세한 내용은 (주)브이·텍 이계선 사장 (0343)71-1650~51, 한국기계연구소  
문정기 박사 (042)820-7340로 문의바람.