

기계공학방법

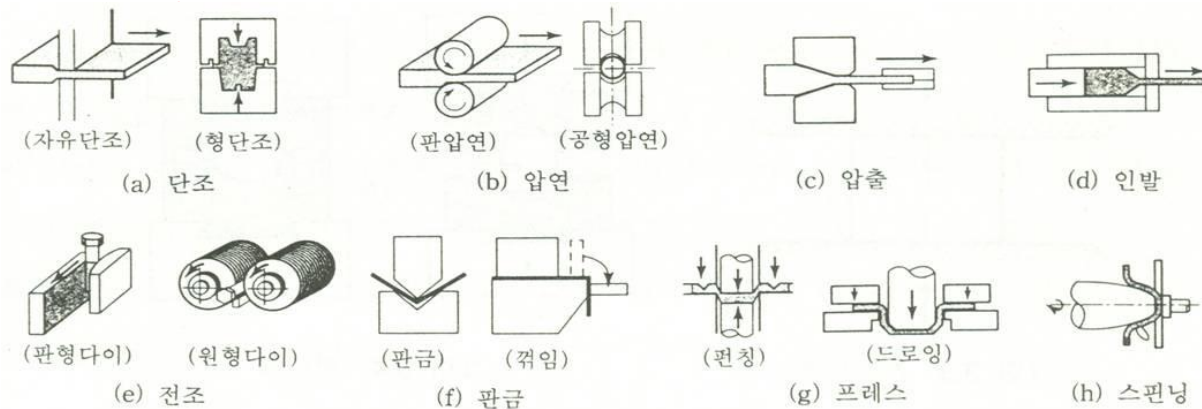
소성가공-11주



Ph.D 학생용

3.2 소성 가공(Plastic Working)

- 재료에 가해진 힘이 어떤 한도 이상이 되면 변형의 크기와 외력은 비례 관계에서 벗어나, 힘을 제거한 다음에도 재료에 일어났던 변형은 남게 되며 이러한 성질을 소성이라 하며, 이때의 변형을 소성 변형(plastic deformation)이라 함.
- 모든 재료는 어느 한도까지는 탄성을 지니고 있지만, 그 한도를 지나면 소성을 나타내게 되며 소성을 갖고 있는 재료에 소성 변형을 일으켜, 원하는 모양의 제품을 만드는 가공 기술을 소성 가공(plastic working)이라 함.
- 소성 가공은 범위가 매우 넓으며 단조, 압연, 드로잉, 압출 가공, 전조, 판금 가공, 프레스 가공 등이 이에 속한다.



3.2 소성 가공(Plastic Working)

1) 단조(Forging)

- 금속 재료를 적당한 온도로 가열한 다음 외력을 가하여 필요한 모양과 치수로 가압, 성형하여 소재 또는 제품을 만드는 소성 가공법을 단조(forging)라 함.
- 단조는 금속 가공법 중에서 가장 오래된 공작법 이며 간단한 단조 작업은 전통적으로 대장간에서 예 온 것처럼 무거운 손 에머와 앤빌(anvil)을 사용하여 작업하지만, 현대화된 단조 작업에서는 다이 세트, 단조용 프레스나 기계 에머를 사용하여 균질의 제품을 대량 생산한다.
- 단조 작업을 통하여 금속 재료의 조직이 개선될 수 있으므로, 단조품은 우수한 강도와 인성을 갖게 되며 일반적인 기계용 단조품에는 커넥팅 로드, 터빈의 축, 기어, 공구 및 철도와 수송 기계의 구조용 부품 등이 있다.

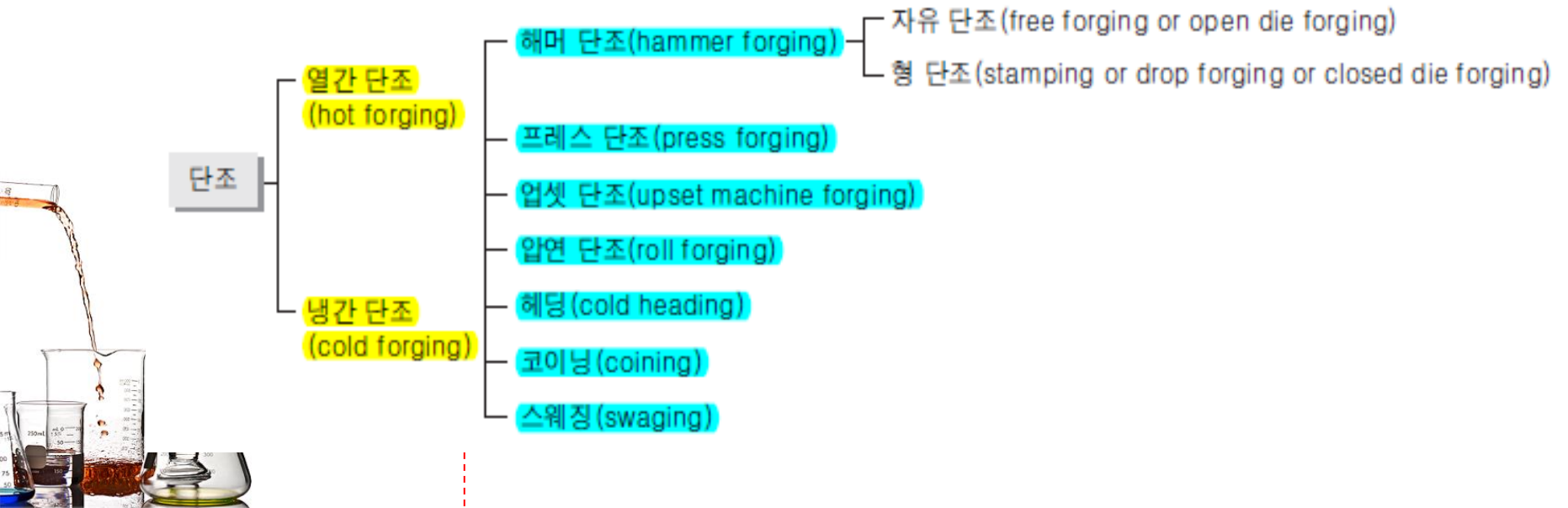


3.2 소성 가공(Plastic Working)

(1) 단조가공의 분류와 특징

- 단조 가공의 분류

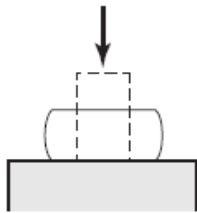
- 단조 작업에는 자유 단조와 형 단조로 크게 분류하며 작업 방법에 따라 손 단조 (hand forging), 해머 단조(hammer forging)와 프레스 단조(press forging)로 분류.



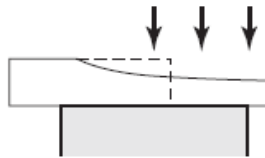
3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 단조 가공의 특징

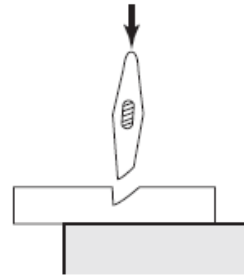
- 단조의 기본 작업에는 **업세팅(upsetting)**, **늘이기**, **단만들기**, **굽히기**, **비틀기**, **자르기**, **구멍 뚫기**, **단접** 등이 있으며 이러한 작업은 실제의 변형 과정에 대한 것이고, 단독으로 실시하기도 하고, 이들을 조합하여 실시하기도 함.



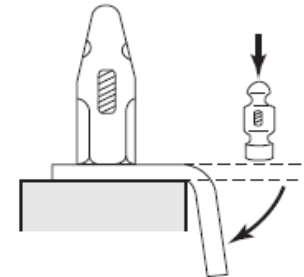
(a) 업세팅



(b) 늘이기



(c) 단만들기



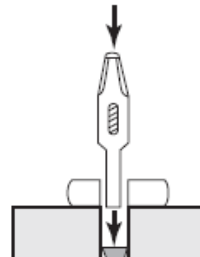
(d) 굽히기



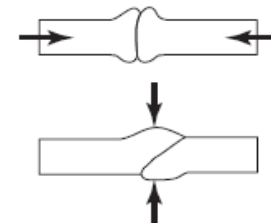
(e) 비틀기



(c) 자르기



(g) 구멍 뚫기



(h) 단접



3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 단조 가공의 특징

- 단조의 특징은 강철 등을 가열하여 예머와 같은 단조 기계로 때려서 원하는 모양으로 가공하는 작업으로, 재료 내부에 주조에서 생긴 기포나 불순물이 제거되거나 압착되며, 거칠고 큰 결정 입자는 파괴되어 미세하고 치밀하며 강한 조직으로 된다.
- 기계 부품 중 중요한 기계 요소는 단조 가공법에 의해 가공되고 있고 아래와 같이 크랭크축을 단조 가공한 것과 절삭 가공한 제품의 단면을 비교한 것이며 단조 가공을 실시하면 결성 조직을 균일화하는 효과가 있다.



(a) 단조품 : 단조한 크랭크축의 단류선을 나타낸 것으로, 단류선이 윤곽에 따라 형성되고 있다.



(b) 절삭 가공품 : 큰 소재로부터 절삭 가공한 크랭크축으로, 조직의 흐름이 단절되어 있어 단조품에 비해 약하다.



3.2 소성 가공(Plastic Working)

(2) 단조용 재료와 단조 온도

● 단조용 재료

- 단조용 재료는 급격한 가공 하중을 받아도 소성 변형이 잘 되는 것이어야 하고 단조에 적합한 재료의 성질을 가단성이라 하며, 철, 구리, 알루미늄 등 특이 순도가 높은 것은 가단성이 커서 단조하기 쉽다.
- 기계 재료는 강도, 가격 또는 제품에 요구되는 각종 조건을 만족하여야 되므로, 가단성은 다소 떨어지더라도 알맞은 기계적 성질을 가진 것을 사용한다. 또 기계 부품으로는 비철 금속보다 철강 재료가 많이 사용된다.

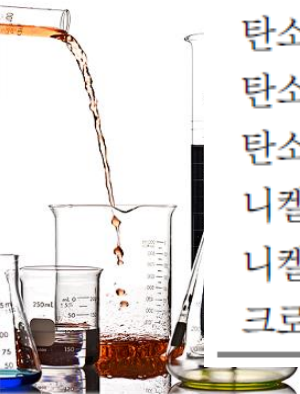


3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 단조 온도와 가열 온도

- 금속 재료는 일반적으로 온도가 높을수록 단조성이 커져서 단조 가공이 쉬워진다.
- 단조 온도에는 **최고 가열 온도와 단조 종료 온도가 중요**하며 재료를 가열할 때 **최고가열 온도가 지나쳐서 과열되면 재료의 표면 부분에 부분적인 탈탄과 연소 또는 조대한 조직**이 나타난다. 이에 따라, 재료는 약해지고 균열이 생기고 단조가 불가능하게 되거나 단조 결함의 원인이 된다.

재료	최고 단조 온도[°C]	단조 완료 온도[°C]	재료	최고 단조 온도[°C]	단조 완료 온도[°C]
탄소강(0.1%C)	1352	750	크로뮴강(13%C)	1280	850
탄소강(0.3%C)	1290	790	스테인리스강(18-8)	1300	850
탄소강(0.5%C)	1250	820	고속도강	1200	1000
탄소강(0.7%C)	1170	850	전기동	870	760
탄소강(0.9%C)	1120	900	4 : 6 황동	790	620
니켈강(3%Ni)	1250	850	알루미늄 청동	870	690
니켈 · 크로뮴강(3%)	1250	800	인청동	800	650
크로뮴 · 바나듐강	1250	850	단조용 알루미늄 합금	450	360

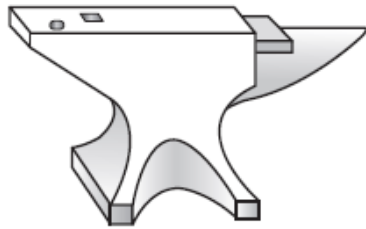


3.2 소성 가공(Plastic Working)

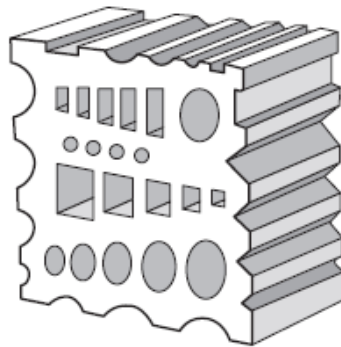
(3) 단조용 설비

■ 단조용 공구

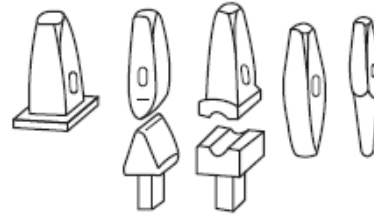
- 단조용 공구에는 **앤빌(anvil)**, **스웨이지 블록(swage block)** 및 **손 애머**, **집게**, **다듬개**, **쟁**, **탐** 등이 있다. 앤빌은 소재를 단조할 때 사용되는 받침대이며, 스웨이지 블록은 앤빌의 일종으로 소재를 여러 가지 모양으로 성형할 때 사용되고 그 밖에 구면의 다듬질에 사용하는 **스냅(snap)**과 구멍 뚫기용 **편치** 등이 있음.



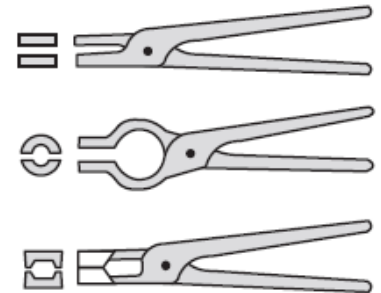
(a) 앤빌



(b) 스웨이지 블록



(c) 각종 다듬개



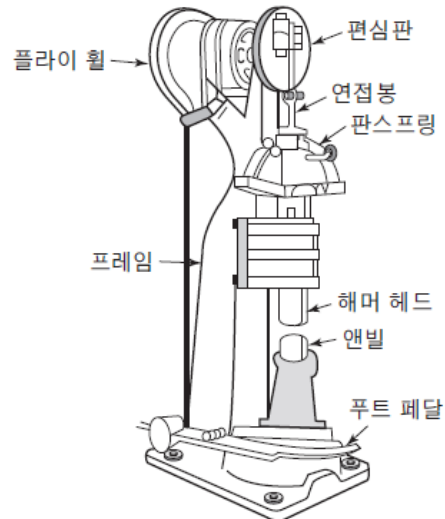
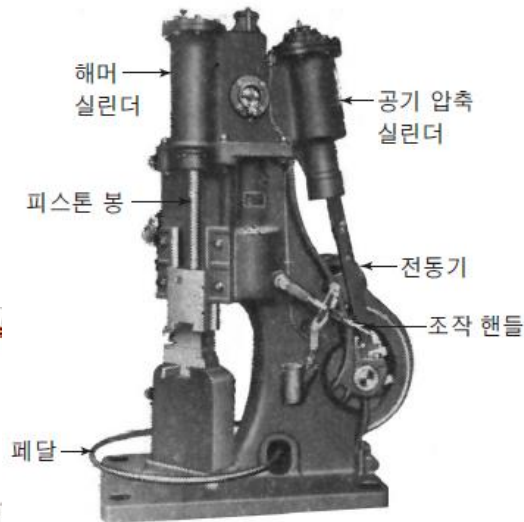
(d) 공구 집게

3.2 소성 가공(Plastic Working)

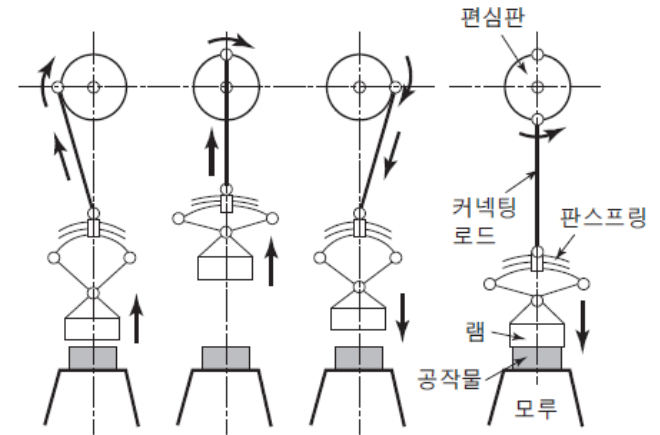
▣ 단조용 기계

● 단조예머

- 단조용 예머는 임의 전달 수단에 따라 공기 예머, 증기 예머, 스프링 예머(spring hammer), 낙아 예머(drop hammer), 단조용 프레스, 수압 프레스 등이 있음.



(a) 스프링 해머의 구조



(b) 스프링 해머의 원리



3.2 소성 가공(Plastic Working)

- 단조용 프레스

- 프레스는 소재에 저속 운동으로 가공력을 가하는 기계로 작업 시에 예머와 같은 진동이나 소음이 적고, 금형을 매개로 가공력을 재료에 균일하게 가할 수 있는 장점이 있다.



3.2 소성 가공(Plastic Working)

(4) 단조 방법

▣ 영 단조

● 단조 영의 영식

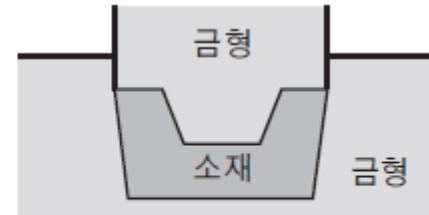
- **제품의 모양을 반대로 조각한 금형 사이에 소재를 압축하여 성형하는 단조법을 영 단조라 하며, 주로 열간 가공에 이용되고 금형에 의한 구속은 정도에 따라 개방형, 반밀폐형, 밀폐형 세 영식이 있으며, 개방형은 영에 의한 구속이 비교적 적어 자유 단조에 가까우나 이용에 한계가 있다. 또한 밀폐형은 가압시에 잉여 재료를 수용할 곳이 없어서 영 내의 압력이 지나치게 높아진다. 따라서 일반적으로 사용되고 있는 영 단조에는 반밀폐형이 사용.**



(a) 개방형



(b) 반밀폐형



(c) 밀폐형

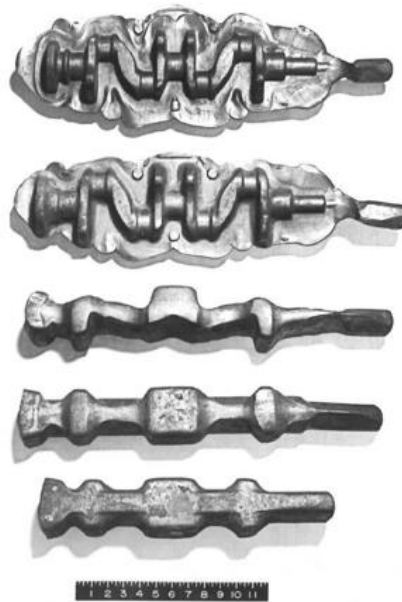
3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 영 단조 공정

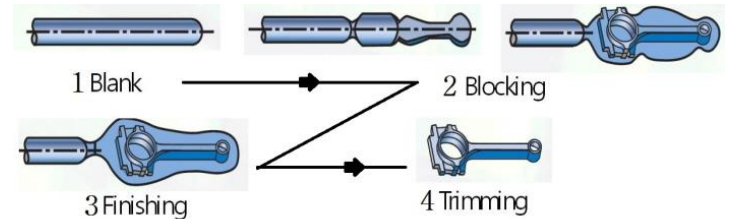
- 영 단조(die forging)는 반밀폐형인 상아 안 쌍의 영을 사용하며, 소재를 아영에 놓고 램을 앤빌 위에 낙하시키면 소재는 금형 속에서 변형, 충만되어 성형된다.



(a) 다이



(b) 성형 순서

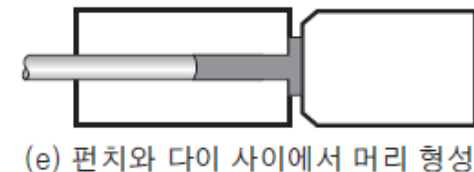
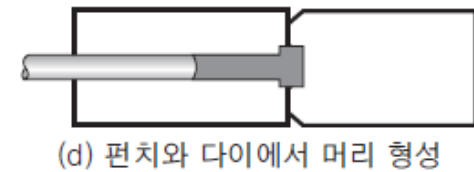
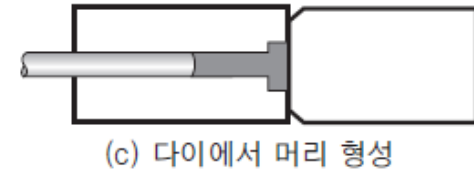
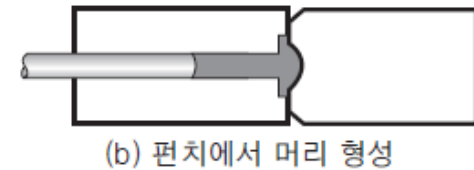
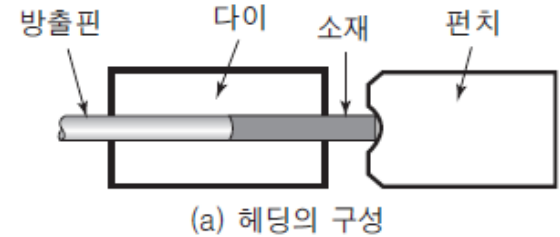
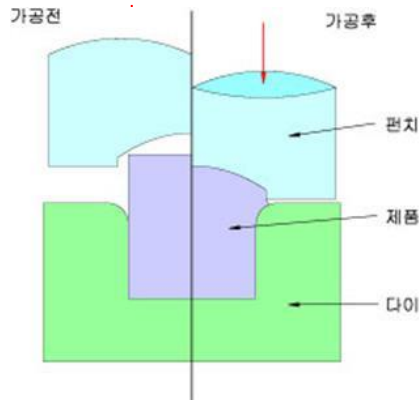


3.2 소성 가공(Plastic Working)

■ 에딩과 업세팅에 의한 단조

● 에딩

- 에더(header)를 사용하여 완봉의 소재에 머리를 가공할 때에는 그림 같이 (b), (c), (d), (e)의 방식이 있으며 에딩 작업은 그리퍼 다이(gripper die)로 소재 안쪽을 강력이 고정하고 펀치로 축 방향에 강하게 타격을 가하여 소재의 끝 부분에 볼트, 리벳, 못, 기타 체결용 부품의 머리 부분을 성형하고 주로 냉간 단조로 이루어진다.

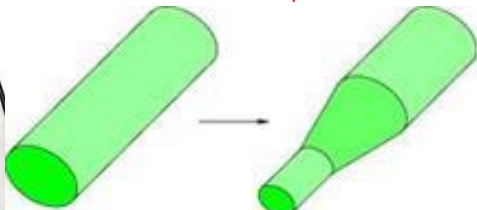
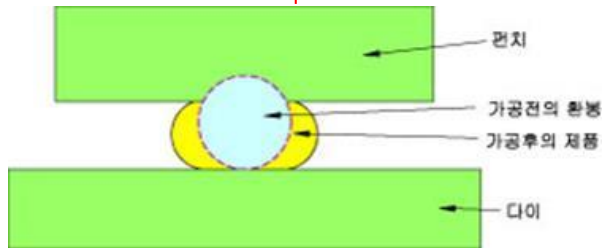


3.2 소성 가공(Plastic Working)

▣ 에딩과 업세팅에 의한 단조

● 업세팅

- 업세팅(upsetting)은 봉재의 끝 부분이나 중간부를 축 방향으로 압축하여 지름이 큰 부분을 가진 제품을 만드는 가공으로, 열간에서 큰 변형에 의한 영 단조에 비해 소재에 타격이나 압축력을 가하여 성형하는 단조법으로 리벳, 볼트, 너트 등의 소성 제품은 주로 냉간 단조로 제조한다.



3.2 소성 가공(Plastic Working)

2) 압연(Rolling)

- 소성 변형이 비교적 잘 되는 금속 재료를 상온 또는 고온에서 **외전하는 롤사이로 통과시켜, 판재, 영재, 관재 등의 소재를 만드는 가공법을 압연(rolling)이라 함.**
- 압연 가공은 변형이 연속적으로 이루어지므로, 치수와 재질이 균일한 제품을 다량으로 얻을 수 있고 생산비도 적게 들어, 금속 가공법 중에서 **2차 가공의 소재가 되는 판재, 영재, 봉재, 선재 및 관재 등은 대부분이 압연 가공에 의해 제조.**

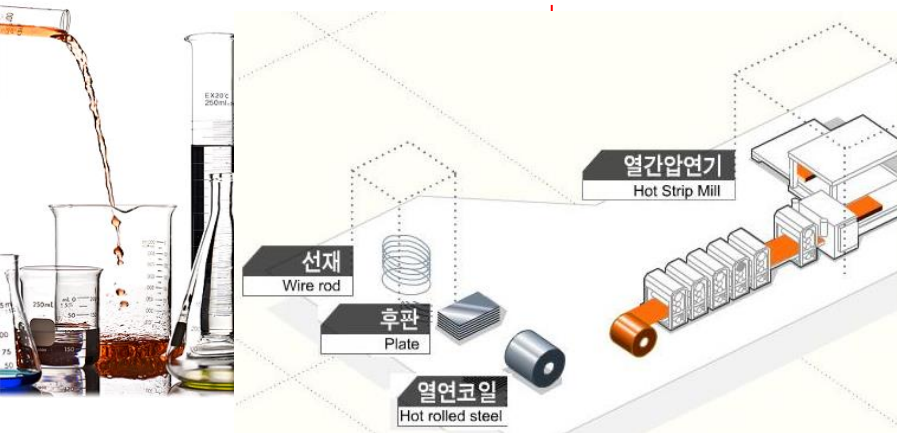


3.2 소성 가공(Plastic Working)

(1) 압연(Rolling) 가공의 기초

■ 열간 압연과 냉간 압연

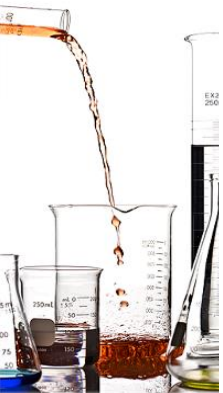
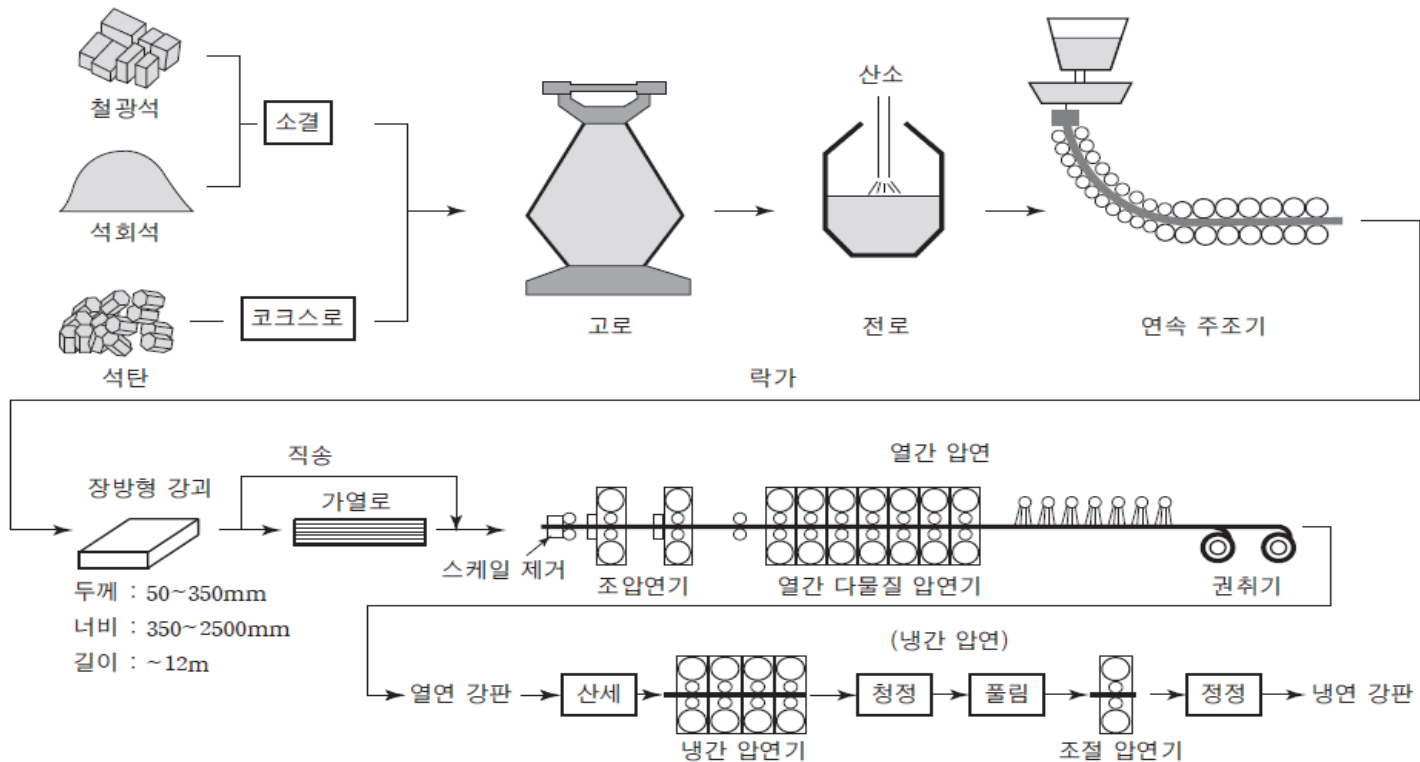
- 금속의 압연은 재결정 온도 이상에서 작업하는 열간 압연(hot rolling)과 재결정 온도 이하에서 작업하는 냉간 압연(cold rolling)으로 크게 나눌 수 있다.
- 열간 압연은 치수가 큰 재료를 압연할 때 많이 사용되는 것으로, 주조 조직도 개선할 수 있고 기계적 성질도 향상시킬 수 있으며, 변형이 잘 되어 가공에 소요되는 동력도 적게 드는 장점을 가지고 있다.
- 냉간 압연은 재료의 두께나 단면이 작은 경우 및 압연 작업의 마무리 작업에 많이 사용되는 가공으로, 치수가 정확하고 표면이 깨끗하며, 강한 제품을 얻을 수 있다.



3.2 소성 가공(Plastic Working)

■ 압연 공정

- 압연 제품은 종류에 따라 강괴로 부터 제품까지의 중간재를 만드는 분괴 압연과 이중간재에서 판재, 봉재, 영재 등의 제품을 만드는 중후판 압연, 박판 압연, 영강 압연, 봉·선재 압연 및 특수 압연 등이 있다.

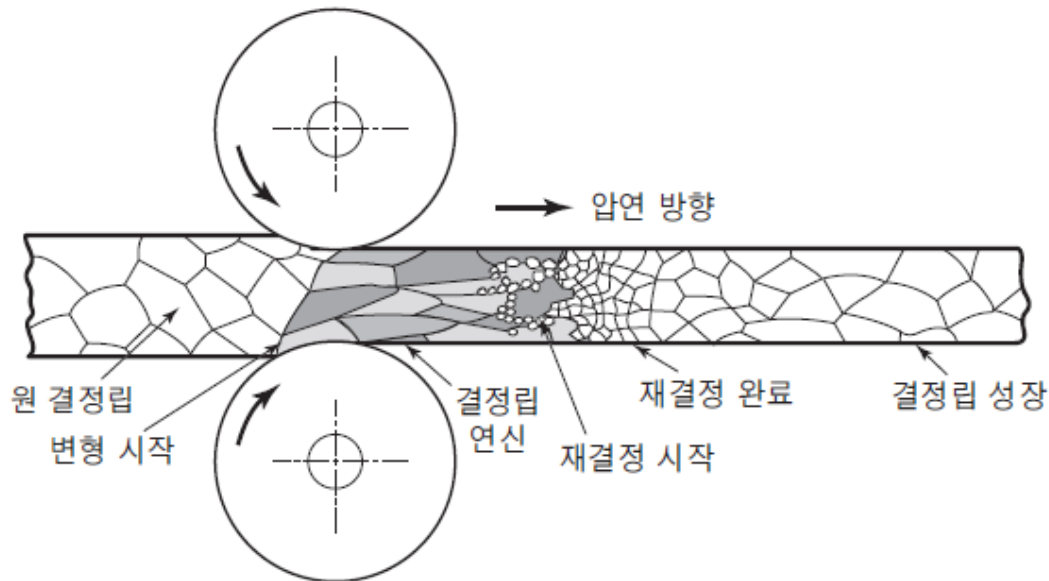


3.2 소성 가공(Plastic Working)

■ 압연에 의한 결정 및 조직 변화

● 결정립의 변화

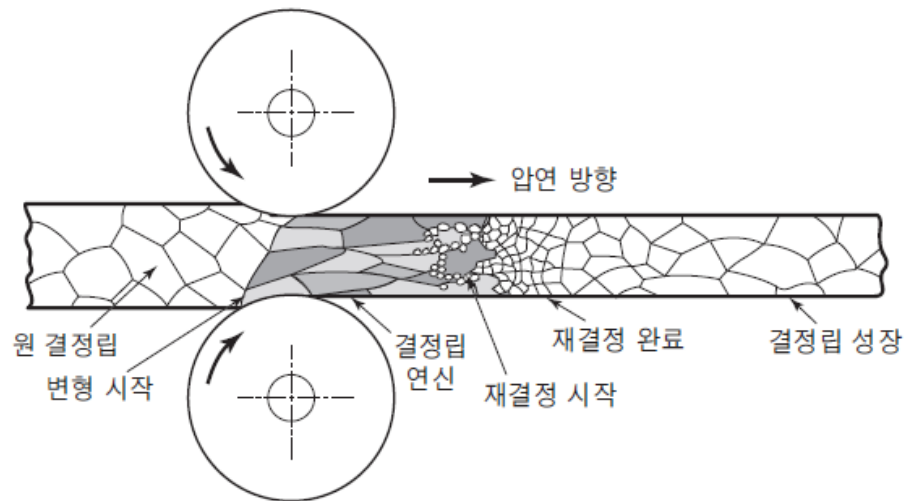
- 모든 금속 재료는 고체 상태에서 일정한 원자 배열을 하고 있는 결정체이며 실제 금속 재료의 조직은 결정립이 많이 모여 다결정 조직이 된다. 이러한 조직을 가지는 금속 재료를 압연하면 결정 격자의 일부가 결정면에 따라 이동에서 슬립(slip)을 일으키고 이 슬립은 원자가 가장 밀집되어 있는 격자면에서 우선적으로 일어나는데, 이 면을 슬립면이라 한다.



3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 조직의 변화

- 압연할 때 재료의 조직은 가공 온도에 따라 달라지는데, 열간 가공에서는 압연 과정에서 늘어난 결정립이 바로 회복되어 재결정 입자의 성장을 일으켜 결정립이 소대와 되므로 계속해서 압연할 수 있다. 가공을 끝내는 온도, 즉 마무리 온도에 따라 결정립의 크기는 달라지며, 마무리 온도가 낮을수록 결정립은 미세화되고 냉간 가공에서는 재료의 조직이 변형률(가공도)에 따라 섬유상 조직이 다르게 나타난다. 이와 같이, 재료가 섬유상 조직이 되면 여러가지 성질이 달라진다

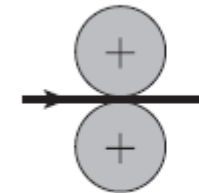
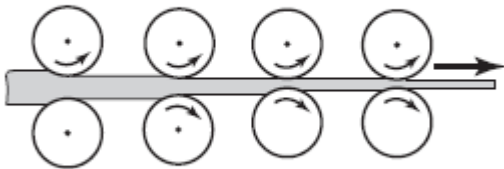


3.2 소성 가공(Plastic Working)

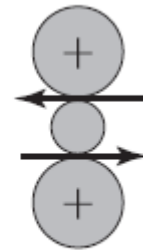
■ 압연 설비와 압연방법

● 롤의 배치 방식에 따른 종류

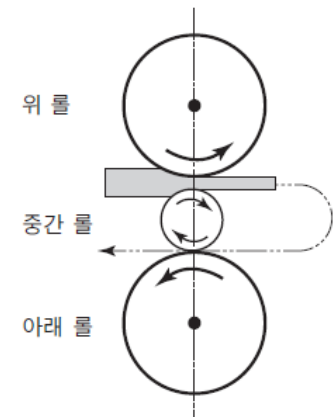
- 2단식 압연기 (two high mill) : 가장 간단한 형식의 것으로, 스탠드 내에 지름이 같은 2개의 롤이 상하에 있어 재료를 롤에 통과시켜 압연을 하고, 롤 상부로 다시 되돌려 먼저 위치로 운반하여 압연을 되풀이 하는 방식.
- 3단식 압연기 (three high mill) : 3단식으로 한 것으로, 서로 인접한 각 롤은 압연할 때 각각 반대 방향으로 외전하게 하는 방식으로 대형 재료의 압연에 사용.



(a) 2단 압연기



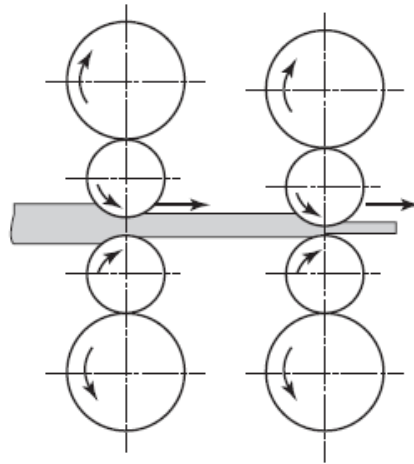
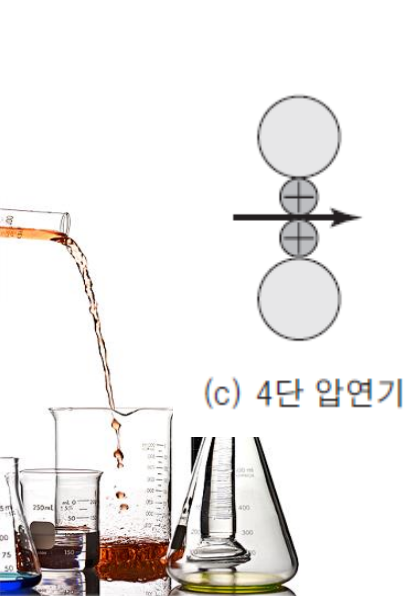
(b) 3단 압연기



3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 롤의 배치 방식에 따른 종류

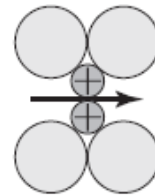
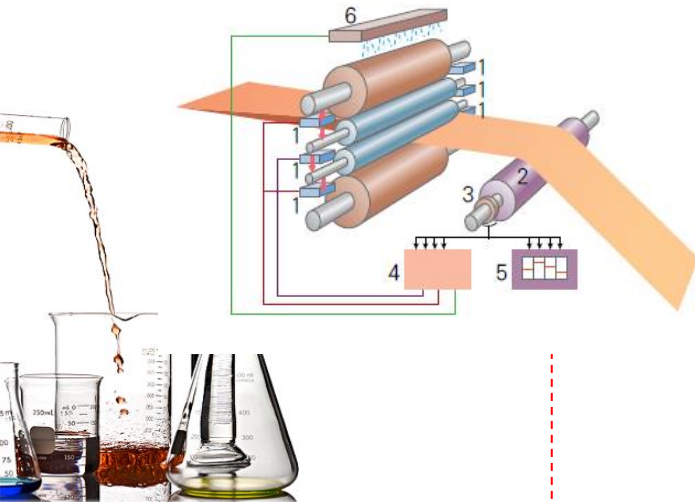
- 4단식 압연기 (four high mill) : 지름이 작은 한 쌍의 작업 롤의 위아래에 지름이 큰 롤을 받쳐 주어 굽는 것을 방지하는 동시에 압연 동력을 적게 들고 주로 냉간 압연기에 많이 사용되고 있으며, 표면이 깨끗한 판재를 얻을 수 있음.
- 4단 연속식 압연기 : 4단 압연기 몇 대를 연속시킨 것으로, 각 롤 사이 또는 최종 롤과 코일링 장치 간에 인장력을 주게 되며, 큰 판을 냉간 압연할 때 쓰임.



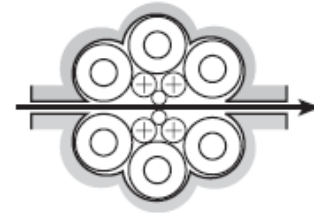
3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 롤의 배치 방식에 따른 종류

- **6단식 압연기** : 상아 받침 롤의 개수를 6개로 한 6단 압연기이며 판 두께가 0.02mm 정도로 얇고, 치수가 정확한 판을 냉간 압연할 때 이용.
- **센지미어 압연기 (sendzimier cluster mill)** : 작업 롤의 지름을 되도록 작게 한 것으로, 6단, 12단, 20단 등 3종류가 있고 작업 롤의 지름이 6~65mm인 압연기로 정밀하고 매우 얇은 박을 압연할 수 있으며, 주로 스테인리스강의 냉간 압연에 많이 이용.



(d) 6단 압연기

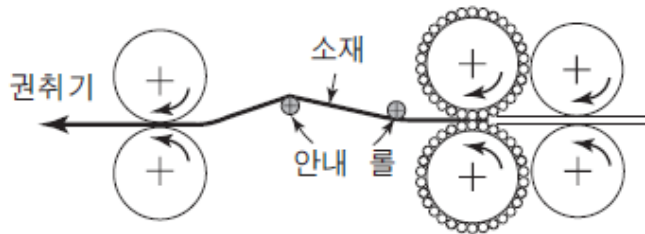


(e) 센지미어 압연기

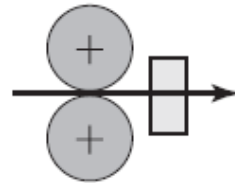
3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 롤의 배치 방식에 따른 종류

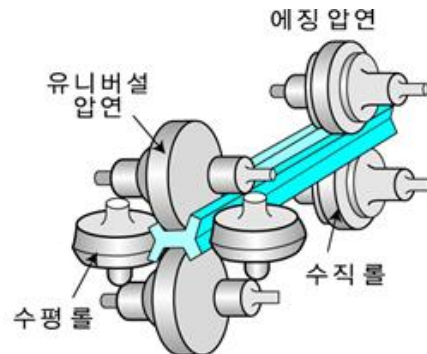
- 유성 압연기 (planetary mill) : **지름이 큰 받침 롤 주위에 지름이 작은 작업 롤을 많이 배치한 압연기로, 1회에 90% 정도의 압아울까지 가능.**
- 유니버설 압연기 (universal high mill) : **수평 롤과 수직 롤로 조합되어 1회의 공정으로 재료의 두께와 너비를 동시에 압연할 수 있음.**



(f) 유성 압연기



(h) 유니버설 압연기



3.2 소성 가공(Plastic Working)

(2) 압연 방식

● 판재 압연

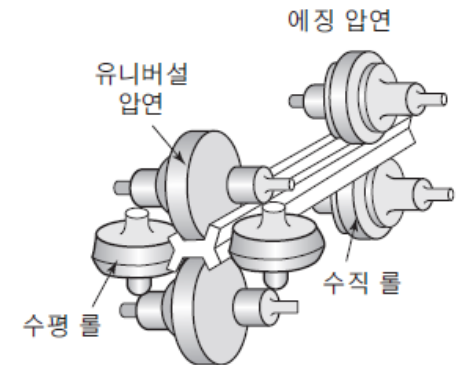
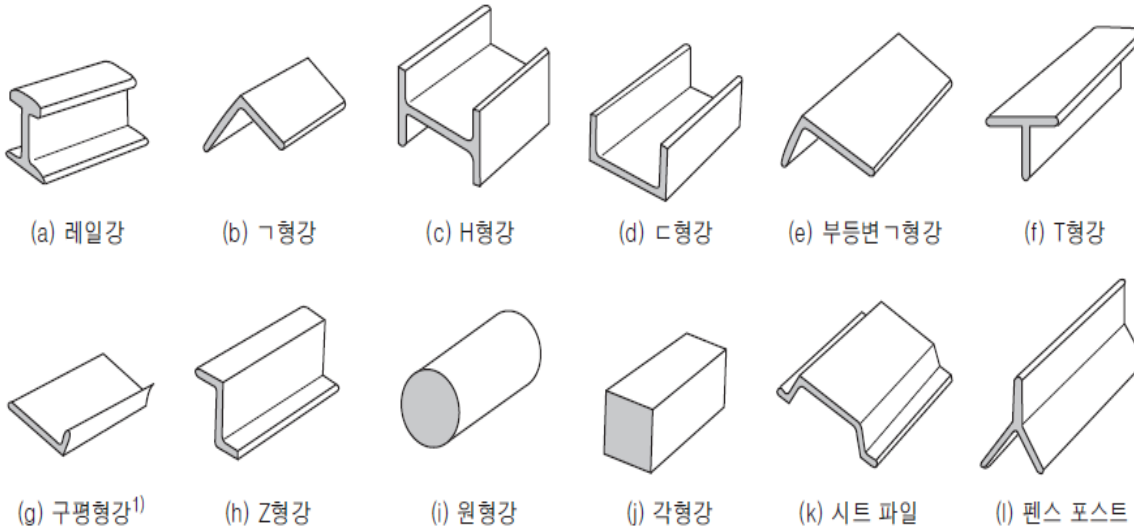
- 판재 압연에는 **균일한 두께의 제품을 얻기 위하여 4단식 압연기가 많이 사용.**
- 넓은 박판을 연속적으로 압연할 경우에는 열연 압연기와 냉연 압연기를 병용하여 사용.
- 제품의 두께에 따라 박판과 중 후판으로 나누며, 또 제조 방법에 따라 열간 압연 강판과 냉간 압연 강판으로 구분



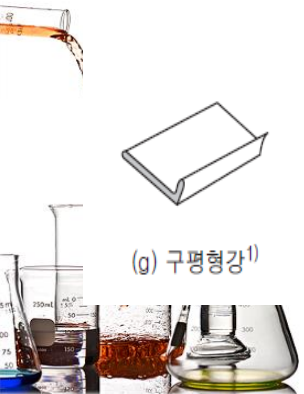
3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 영재 압연

- 영재는 압연품의 길이가 단면에 비하여 연저하게 긴 재료로, 몇 대의 공영를 압연기를 통하여 단면 영상으로 성형 압연.
- ㄱ형강, ㄷ형강, H형강, 시트 파일(sheet pile), 펜스 포스트(fence post), 레일강(rail steel) 등을 제작하는 공영 압연법 및 유니버설 압연법이 있음.



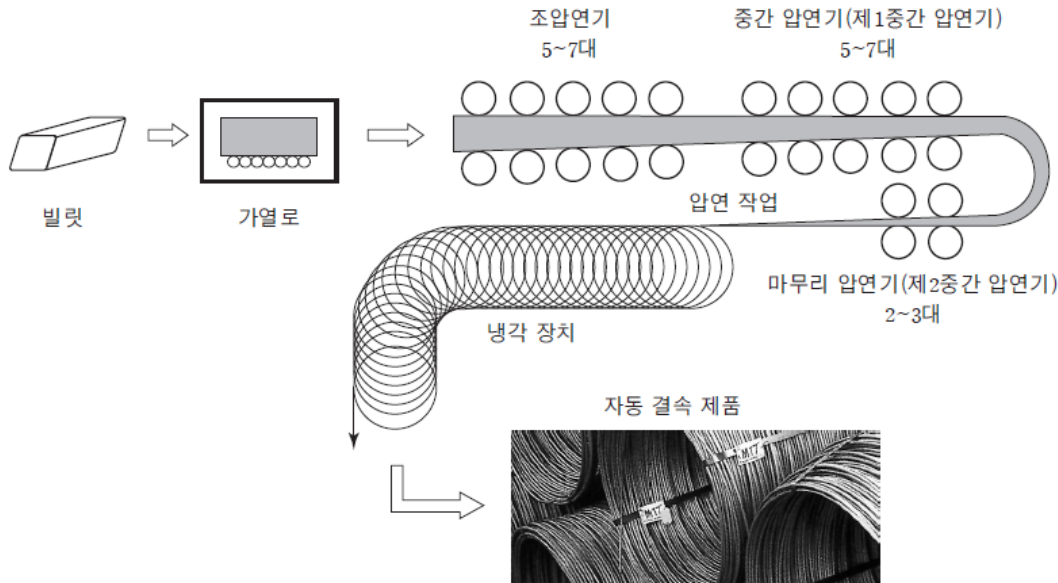
형재의 종류



3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 봉·선 압연

- 봉·선이란 봉강과 선재를 총합한 이름이다. 봉강(bar)은 길게 늘인 봉상의 영강으로 대변의 크기가 10~100mm이고, 단면의 형상에 따라 원영강, 평강, 사각강 등이 있으며, 기계 부품인 축, 볼트, 너트, 스프링 등의 소재와 철근 콘크리트의 보강재로 사용.
- 선재(rod)는 보통 5~15mm의 원형 단면의 것으로 열간 압연 후는 코일상으로 말아서 출아하며, 못, 철선, 와이어 로프, 피아노선, 케이블, 나사, 볼트 등의 소재로 사용.

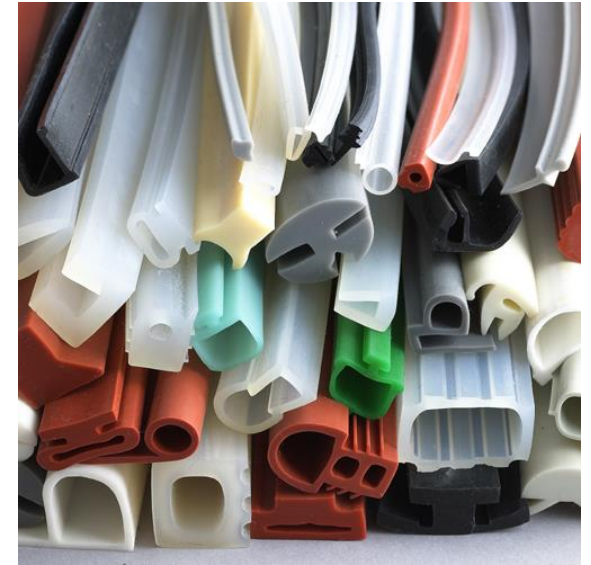


3.2 소성 가공(Plastic Working)

3) 압출. 인발. 전조

(1) 압출가공

- 알루미늄, 동, 아연 합금 등과 같이 소성이 큰 재료의 빌릿(billet)을 압출 컨테이너에 넣고 램(ram)으로 압력을 가하여 다이의 구멍으로 밀어 내면, 단면이 일정한 각종 형상의 단면재와 관재 및 선재 등의 제품을 만들 수 있다. 이 가공법을 압출 가공(Extrusion)이라 한다.

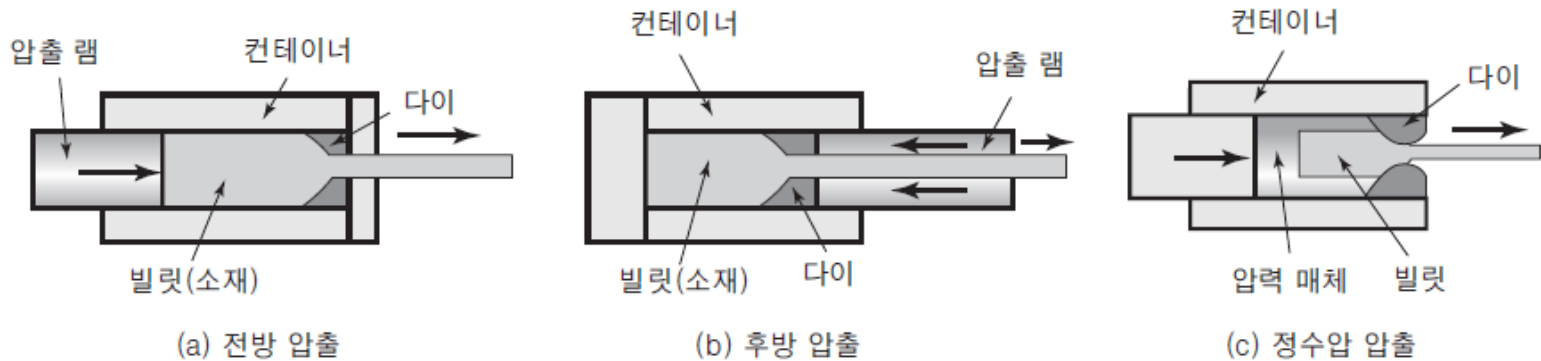


3.2 소성 가공(Plastic Working)

■ 압출가공의 형식과 방법

● 압출형식

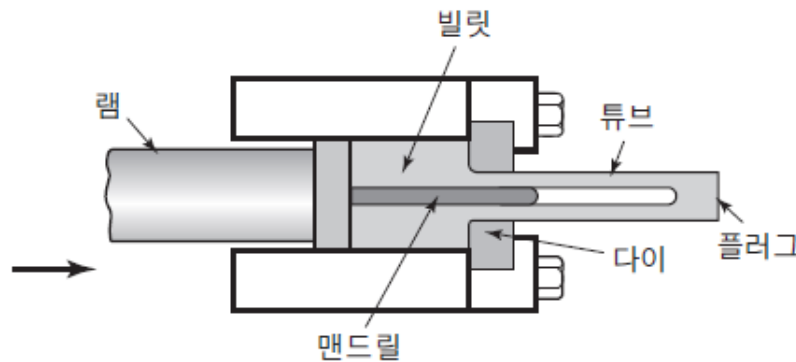
- 압출 가공법은 압출할 소재를 가공하는 램의 방향과 제품이 압출되는 방향이 같으나 반대 이나에 따라 **전방 압출(forward extrusion)**과 **후방 압출(backward extrusion)**, 그리고 **피마자 기름이나 내열 그리스 등의 압력 매개체 중에서 소재를 가압하여 압출하는 정수압 압출(hydrostatic extrusion)** 방법이 있으며, 소재를 **상온에서 가공하느냐 가열하여 가공하느냐에 따라서도 냉간 압출과 열간 압출 방법으로 구분.**



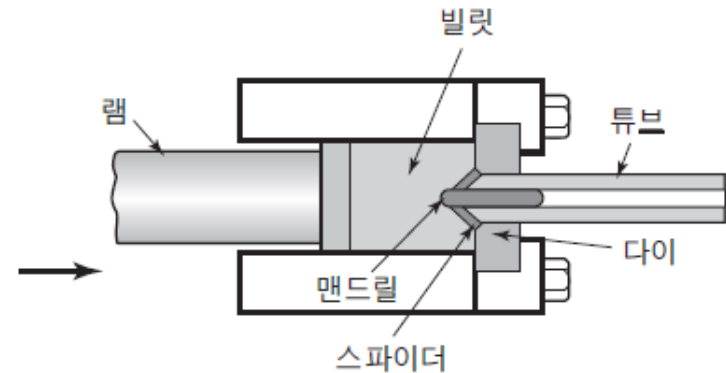
3.2 소성 가공(Plastic Working)

● 관제압출

- 속이 비어 있는 제품인 관을 압출 제조할 때에는 처음부터 구멍이 있는 빌릿을 사용할 때에는 램의 끝에 맨드릴을 붙여서, 맨드릴과 다이 사이의 간격이 관의 두께를 결정하는 압출 방법.
- 속이 찬 빌릿을 사용할 경우스파이더(spider)가 있는 맨드릴(mandrel)을 사용하여 램을 소재에 밀어 넣어 소재를 맨드릴과 컨테이너 사이로 간접 압출하는 방법.



(a) 중공 소재로부터 직접 압출



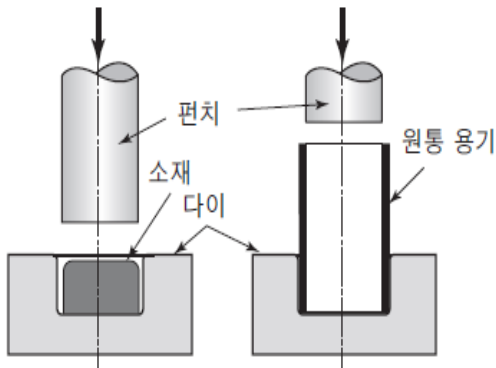
(b) 맨드릴과 다이 사이로 간접 압출



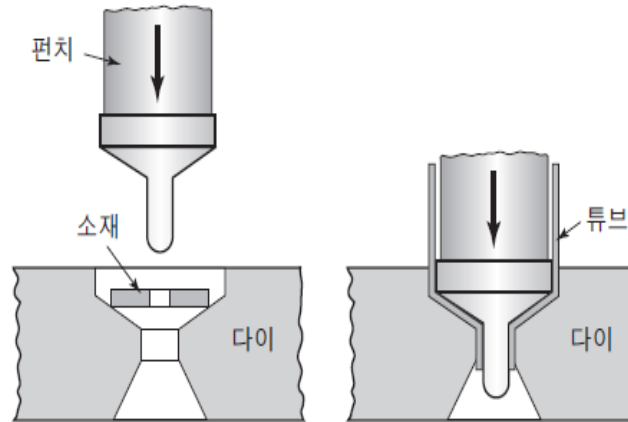
3.2 소성 가공(Plastic Working)

■ 충격압출

- 크랭크 프레스와 같이 충격적인 힘을 가할 수 있는 기계를 사용하여 속이 빈 짧은 컨테이너를 만드는 압출 방법을 충격 압출 (impact extrusion)이라 하며, 보통 냉간 가공으로 한다
- 많이 사용되고 있는 얇은 원통 용기의 충격 압출은 납, 주석, 아연, 알루미늄, 구리 및 그 합금으로부터 여러 가지 튜브, 전기 기기, 카메라 부품 등을 제조하는 데 이용.



(a) 원통 용기의 충격 압출



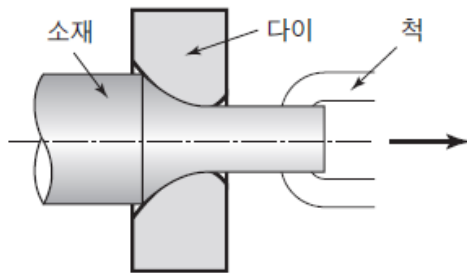
(b) 튜브의 충격 압출



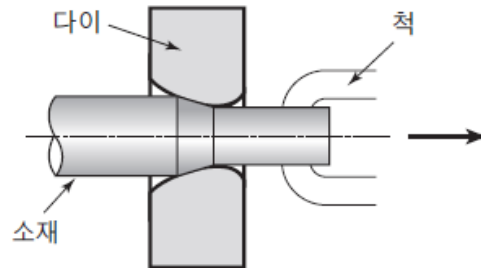
3.2 소성 가공(Plastic Working)

(2) 인발가공

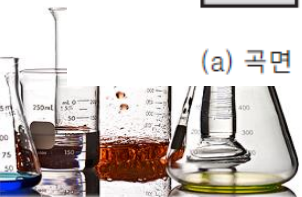
- **다이(die)의 구멍보다 큰 일정한 단면의 소재를 구멍의 크기와 모양으로 줄이는 가공법을 인발(drawing)이라 하며, 압축은 압축력에 의한 소성 변형인데, 이에 비하여 인발은 다이의 바깥쪽에서 작용하는 인장력(tensile force)으로 소재를 변형 가공하게 된다.**
- **압출과 인발에 의해 가공되는 제품의 종류는 유사하지만, 가해지는 힘의 작용 방법은 다르고 인발은 강선, 송전선, 케이블선 등과 같이 가늘고 긴 선의 제조와 길지는 않으나 정밀 나사, 스프링, 전자 기기에 사용되는 소재의 제조에 사용.**



(a) 곡면 다이



(b) 직선 다이



3.2 소성 가공(Plastic Working)

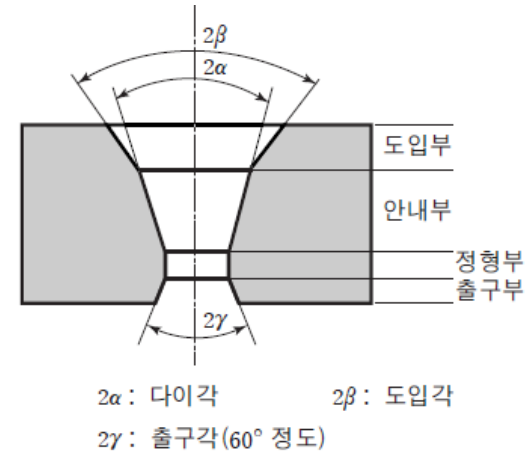
■ 인발 가공 다이(Die)와 설비

● 드로잉 다이

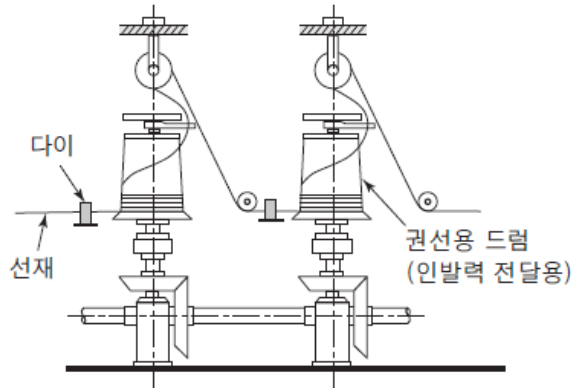
- 드로잉 다이의 구성은 보통 재료의 입구에 맞닿는 도입부, 재료의 단면을 감소시키는 안내부, 가공재의 치수를 정확하게 가공하는 정형부, 가공재가 나가는 출구부 등 4개의 부분으로 구성.

● 와이어 드로잉 머신

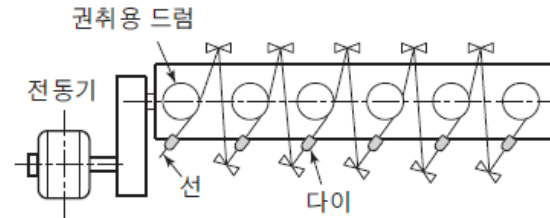
- 지름 5mm 이하의 선을 뽑는 데 사용되는 인발 기계를 와이어 드로잉 머신(wire drawing machine)이라 한다. 와이어 드로잉 머신에는 단식과 연속식이 있으며, 또 드럼축의 방향에 따라 수평식과 직립식이 있음.



3.2 소성 가공(Plastic Working)



(a) 단식

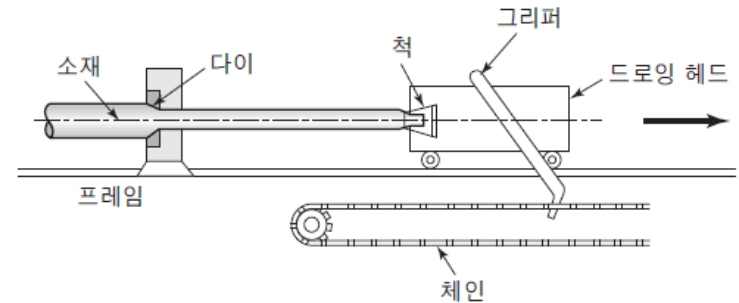


(b) 연속식

와이어 드로잉 머신의 형식

● 드로잉 벤치

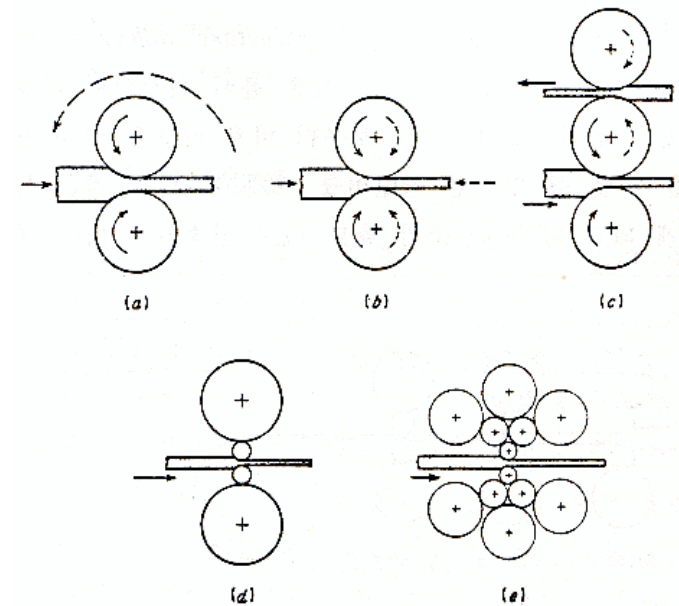
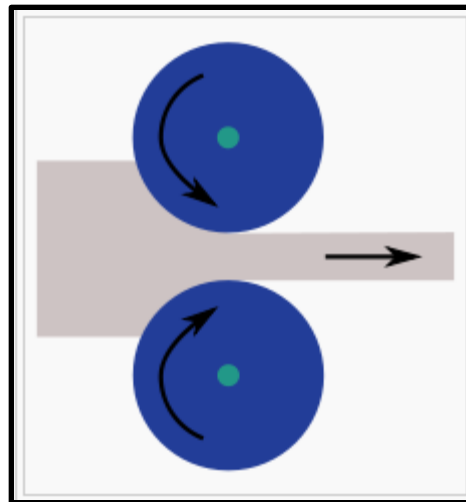
- 일정한 치수의 다이와 가공 맨드릴(mandrel)을 사용하여 관재 또는 봉재를 드로잉하는 설비를 드로잉 벤치(drawing bench)라 하며, 드로잉 재료의 끝 부분을 잡아당기기 위해 고정하는 그리퍼(gripper)가 달린 드로잉 헤드(드로잉 차)가 프레임 상면을 따라서 이동할 수 있게 되어 있으며, 드로잉 작업에는 동력이 사용.



소성 가공 종류

(3) 압연 가공(rolling)

롤러 사이 통과 연신하여 두께, 폭, 직경을 줄이는 가공.

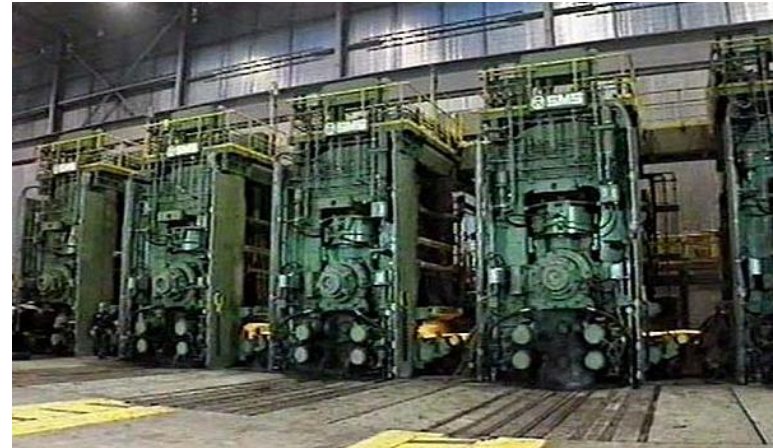


● 압하율

$$\text{압하율 } K = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \times 100 (\%)$$

➤ 압하율을 높이는 방법

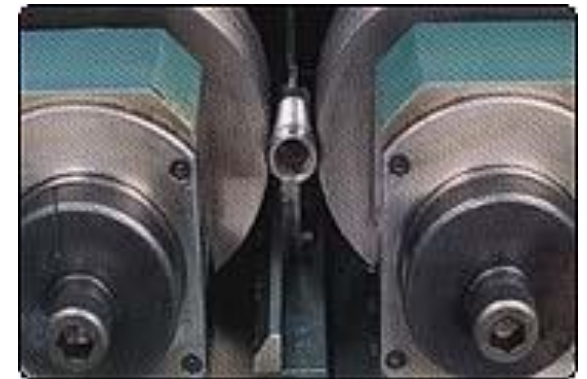
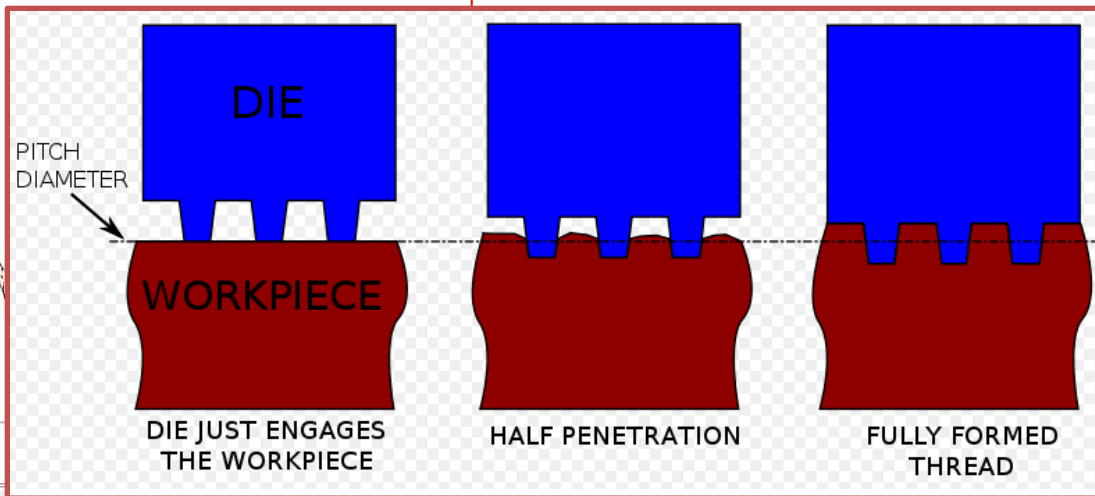
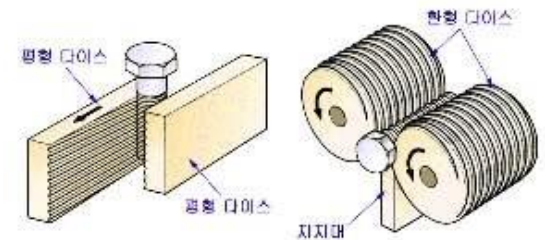
- 소재의 온도를 더 높인다.
- 지름이 큰 롤러를 사용한다.
- 롤러의 회전속도를 줄인다.
- 소재를 뒤에서 밀어준다.
- 롤러표면에 축과 평행한 홈을 만들어준다.



■ 소성 가공 종류

(4) 전조 가공(roll forming)

수나사, 치차; 원주상이 재료를 롤러 사이에 넣어 회전하여
성형하는 가공 법.



■ 소성 가공 종류

(5) 단조 가공(forging)

- 가열하고 때리거나 눌러서 필요한 모양으로 만드는 작업.
- 소재의 조직 및 성질이 개선된다.
- 단조의 종류 : 열간단조, 냉간단조



- **해머 단조(hammer forging): 자유단조**
- **프레스 단조(영단조)**
- **업세터 단조**
- **회전형 단조**



● 형 단조(die forging)

● 장점

- 정밀도가 높다.
- 대량생산에 적합
- 강인한 제품 제작가능

● 단점

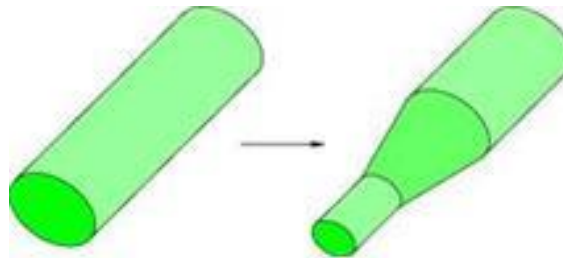
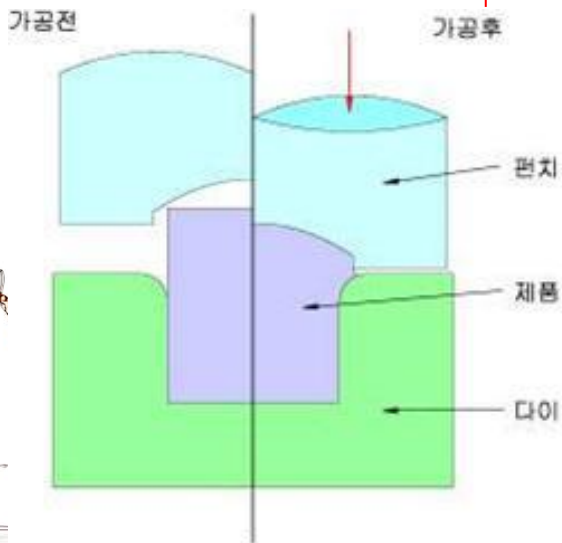
- 다이 제작의 어려움
- 제작비가 비싸서 대량 생산에만 적합
- 크기에 제한이 있다.



커넥팅로드의 단조류

● 냉간 단조의 종류

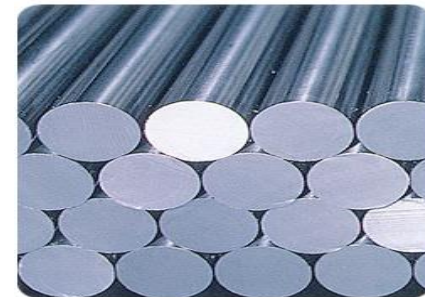
- 예딩 : 볼트 머리, 리벳 등을 만드는 작업
- 스웨이징 : 파이프의 지름 축소 작업
- 코이닝 : 눌러서 표면에 무늬를 새김.



● 단조할 수 있는 재료

■ 양복점이 낮고 연신율이 큰 재료

- 탄소강
- 특수강
- 구리합금
- 경합금



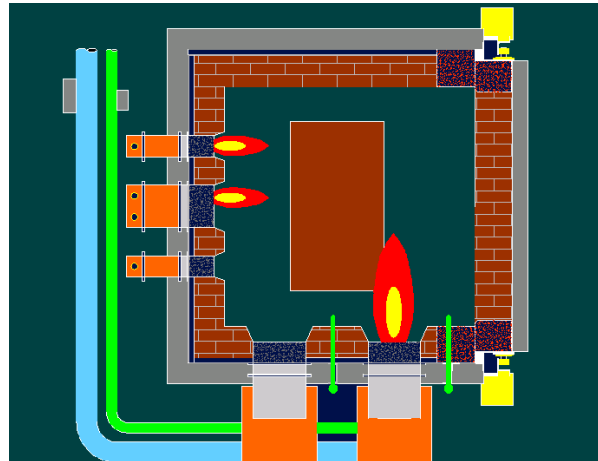
■ 단조 불가 재료

주철



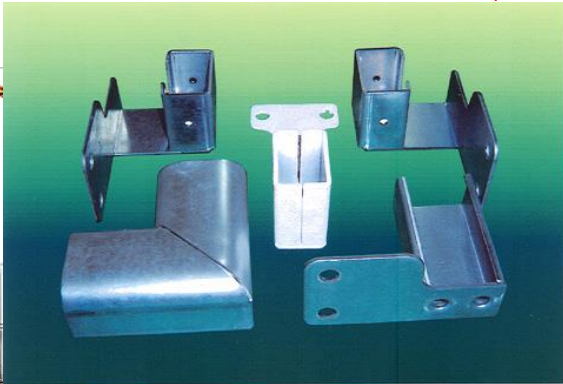
●가열 시 주의 사항

- 균일하게 가열
- 급하게 가열하지 말 것.
- 오래 가열하지 말 것.
- 재료의 중심까지 가열되도록 할 것. (soaking)



● 프레스 가공

- 프레스로, 펀치와 다이를 이용 압축 가공하는 것



7) 판금 가공(sheet metal working)

- 얇은 철판을 원하는 모양으로 가공함.

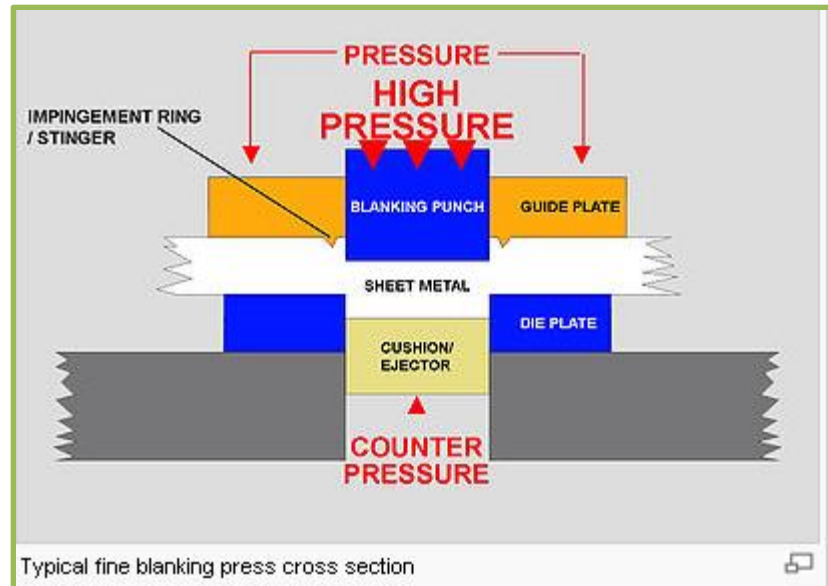
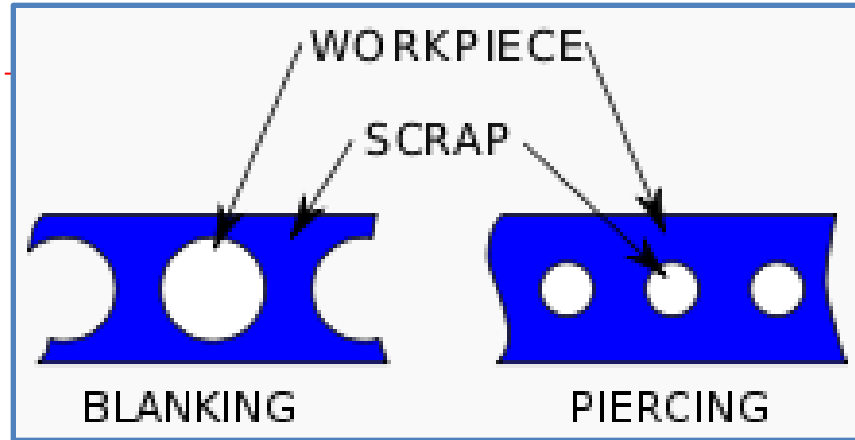
- 특징

- 복잡한 모양 가공 가능
- 제품이 가볍다.
- 표면이 아름답다.
- 대량생산에 적합



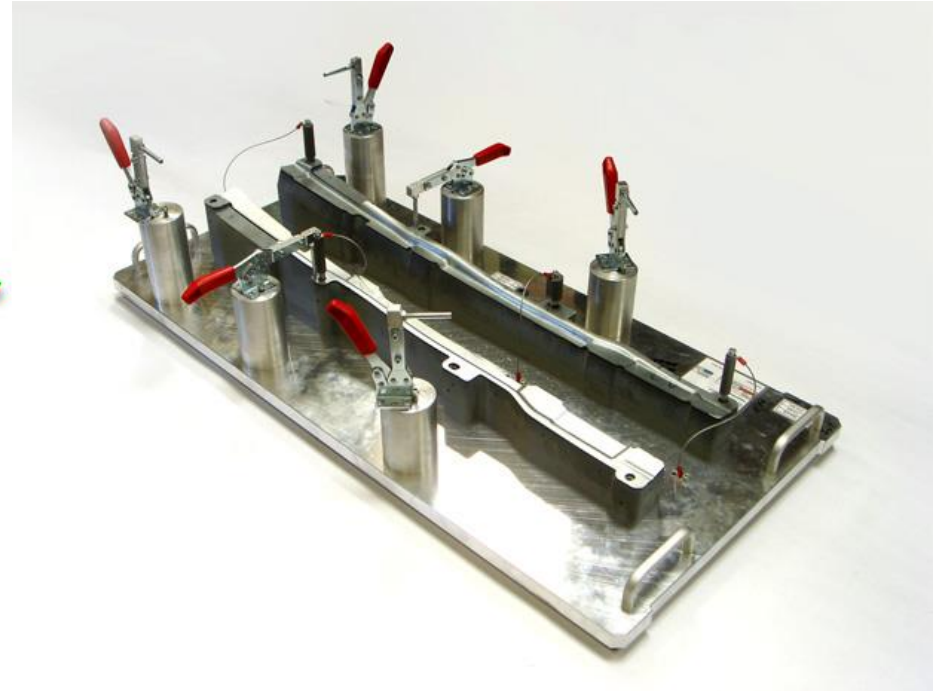
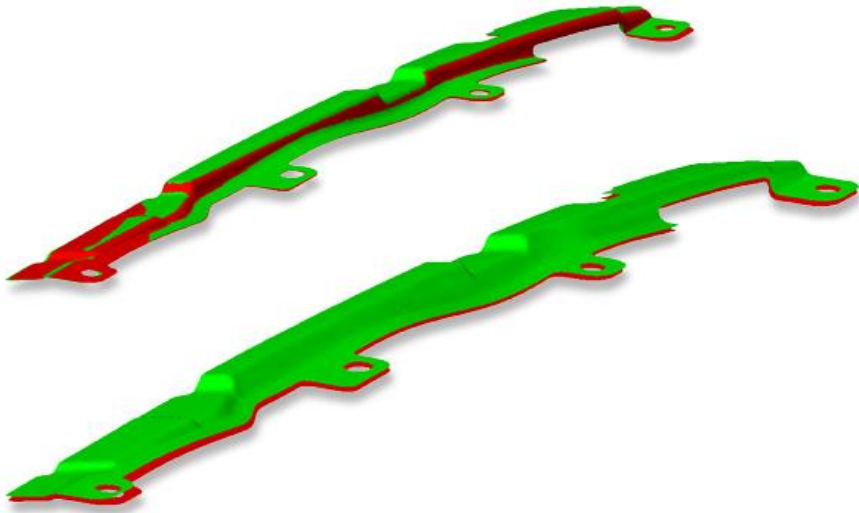
● 판금작업의 종류

- ① 블랭킹
- ② 펀칭(피어싱)
- ③ 전단
- ④ 트리밍
- ⑤ 세이빙



● 스프링 백

- 판금 작업 후 탄성으로 원래의 상태로 약간 돌아가는 현상.



Thank You

