

Ⅲ 알루미늄 가공기술



1. 성형가공(成型加工, fabrication)의 종류

전단가공	굽힘가공	압축가공	성형가공	특수가공
전단	컬링	압인	엠보싱	방전
블랭킹	시밍	마킹	비딩	레이저
피어싱(펀칭)	벤딩	업세팅	익스펜딩	초음파
트리밍	버링	스웨이징	튜브익스펜딩(확관)	워터젯
노칭	플랜징	헤딩	튜브벌징	플라즈마
슬로팅	탄성회복		튜브네킹	숏피닝
슬리팅			플래트닝	버니싱
세퍼레이팅			롤포밍	
퍼포레이팅			압출	
회전절단			충격압출	
프로그레시브 다이스 공정			유압성형	
맞춤식 재단 강판			인장성형	
프레스 브레이크 작업			초소성 성형	
			폭발성형	
			드로잉	
			재드로잉	
			딥드로잉	
			아이어닝	
			스템핑	
			스피닝	
			전조	

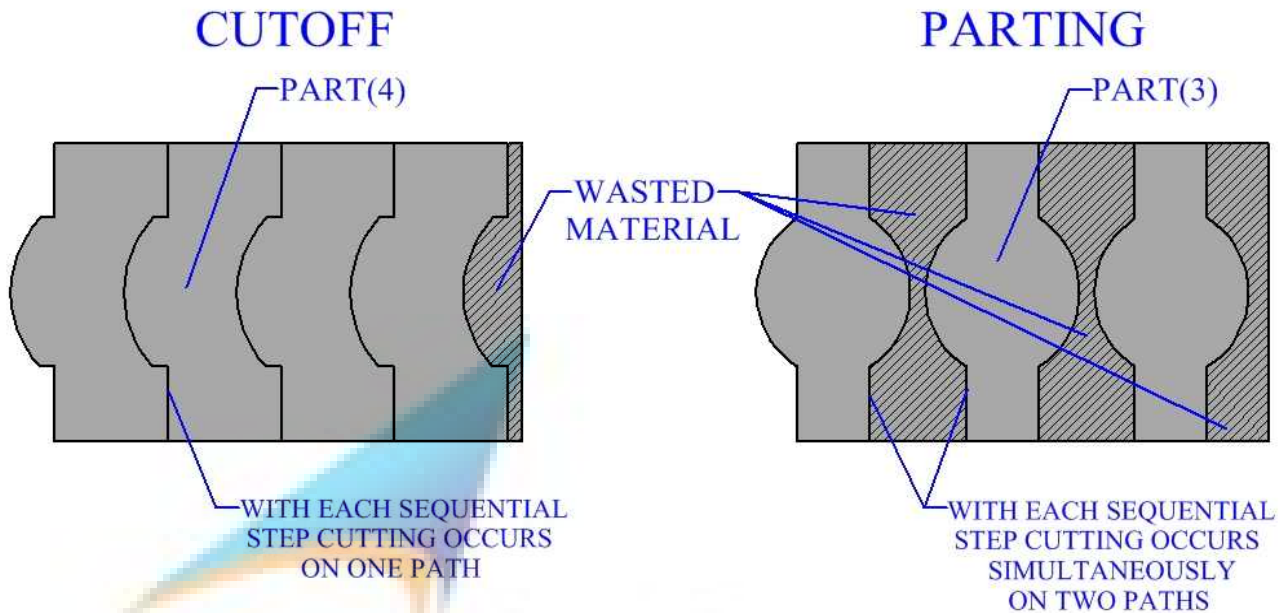
1.1. 전단가공(剪斷加工)(shearing)

금속재료의 가공에 널리 사용된다. 한 쌍의 전단날이 서로 닫혀짐으로써 재료를 절단하는 것을 보통 전단기 또는 시어(shear)라 한다. 봉재(棒材)·형재(形材)의 전단날은 소재단면의 모양에 맞추어서 만들어진다. L 형재에만 사용되는 전단기는 특히 앵글전단기라 한다. 압연되어 나오는 강재(鋼材)를 절단하는데 사용되는 기계를 길로틴(guillotine) 또는 동력전단기라고 한다. 이와 같은 전단기의 상하의 날은 서로 평행으로 되어 있지 않고, 어떤 일정한 각도로 기울어져 있는데, 이 각도를 전단각이라 한다. 판(板)을 가위처럼 끝에서부터 일부분씩 연속적으로 절단한다. 압연되어 나온 금속관을 움직이고 있는 그대로의 상태로 절단하기 위해 상하의 전단날이 판과 같은 방향·속도로 이동하면서 절단하는 것을 플라잉시어라고 한다. 또 회전하는 1쌍의 롤 가장자리 사이에서 전단가공을 할 수도 있는데, 이것을 원판전단기(로터리시어)라 한다. 절단 외에 구멍뚫기·절삭 등 펀치와 다이스 사이에서 기계프레스에 의해 이루어지는 가공도 모두 전단가공이다. 판재의 전단가공은 그 목적에 따라 여러 가지가 있다. 판의 끝에 노치를 내는 작업은 노칭, 판면의 일부에 단선을 넣는 작업은 슬리팅(세로짜기), 이미 완성되어 있는 제품에서 불필요한 부분을 제거하는 것은 트리밍(다듬질) 또는 세이빙이라 한다. 전단가공에 사용되는 다이머신은 크랭크가 아래쪽에 있고 고속회전하며, 자동적으로 정밀 전단가공이 이루어지는 특수프레스이다.

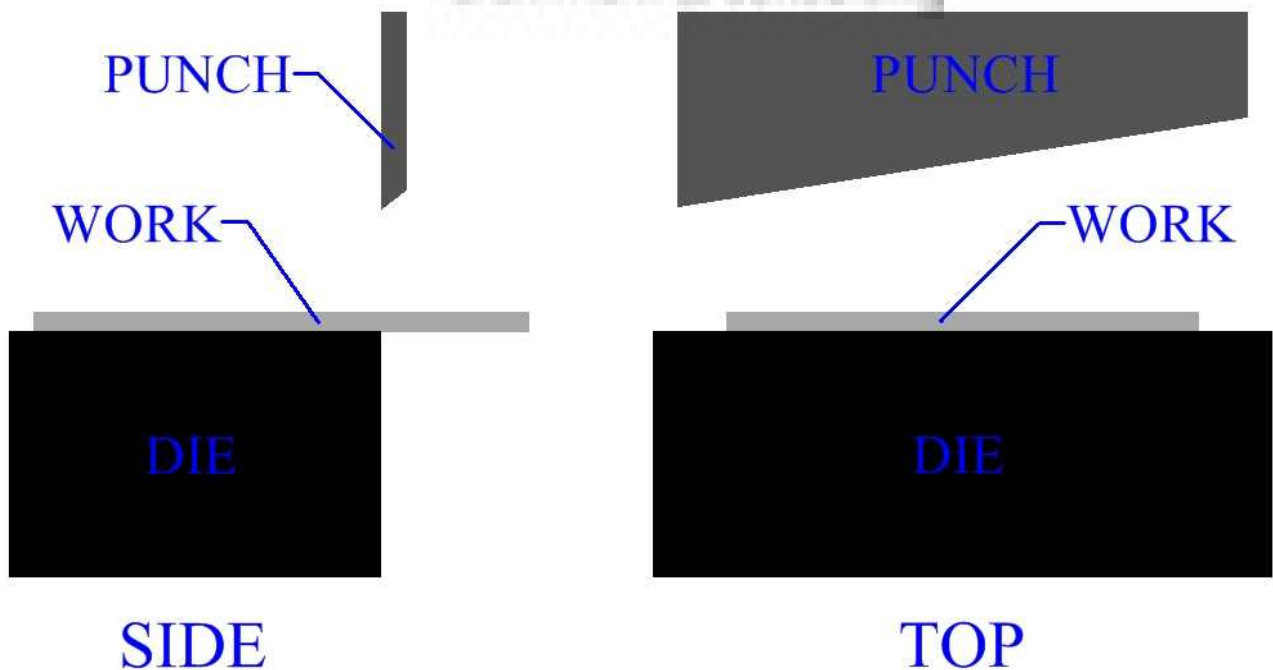
1.1.1.전단(shearing)

예리한 두개의 날로 소재를 직선 또는 곡선으로 절단하는작업.주로 전단기 (shearing machine)로 소재의 일부를 전단하는 작업하며 이중에서 scrap이 거의 없게 규칙적인 배열로 전단하는 공정을 컷오프(cut off)작업이라 한다.

CUTOFF VS PARTING

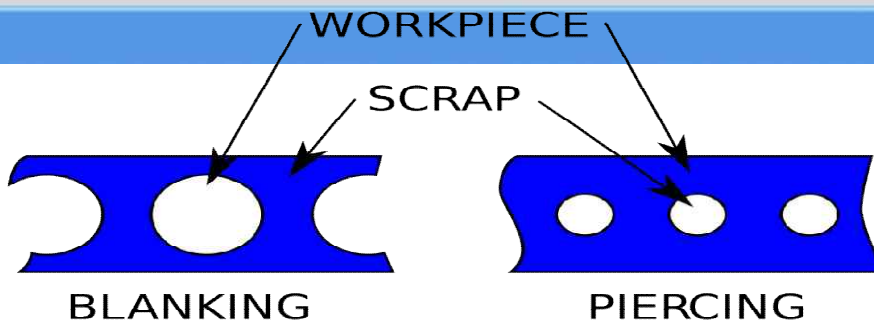
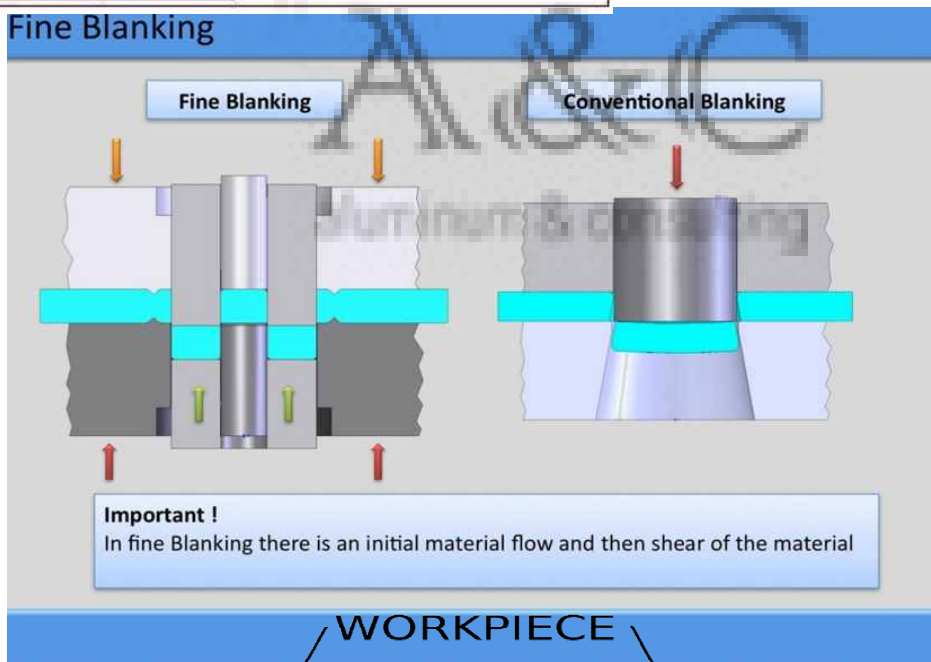
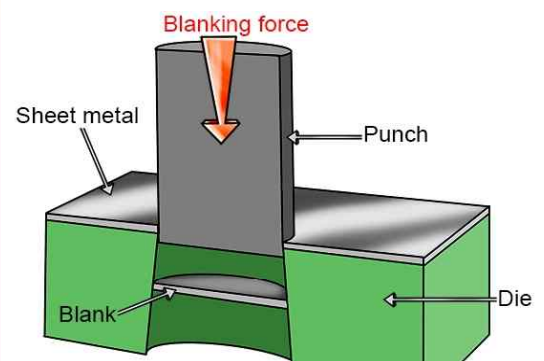
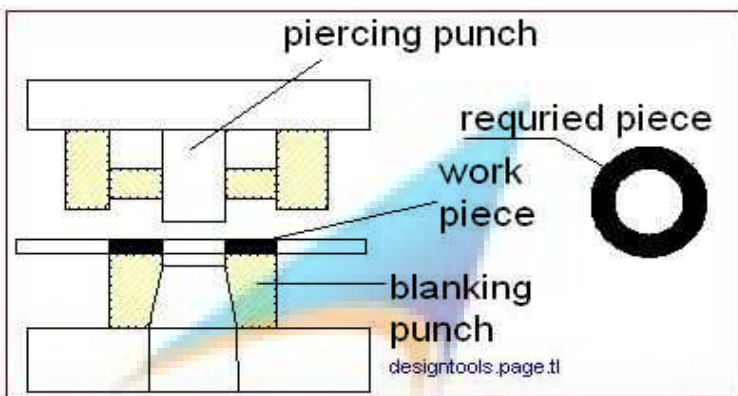
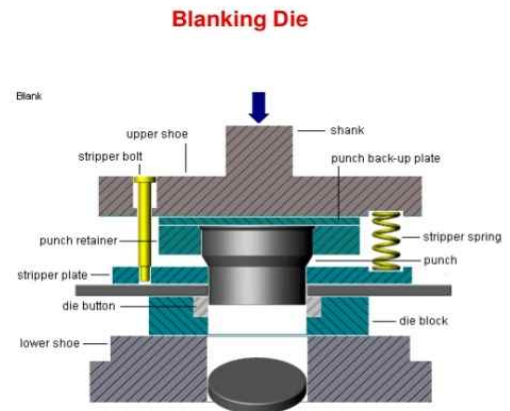
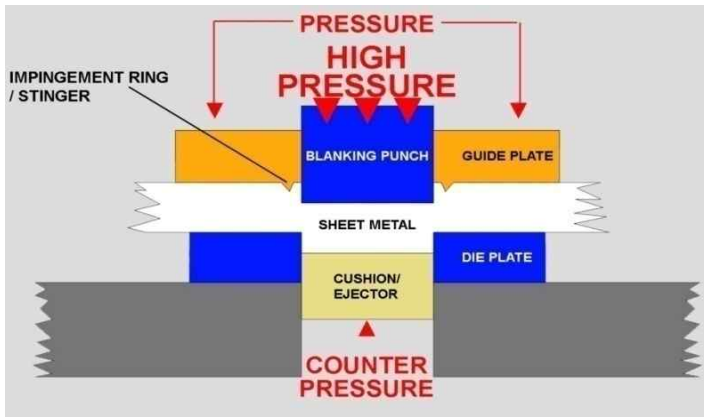


STRAIGHT CUTOFF WITH AN INCLINED BLADE



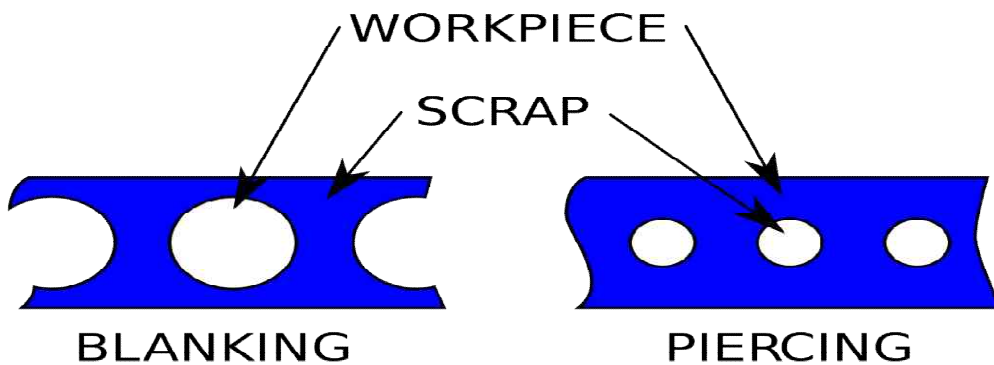
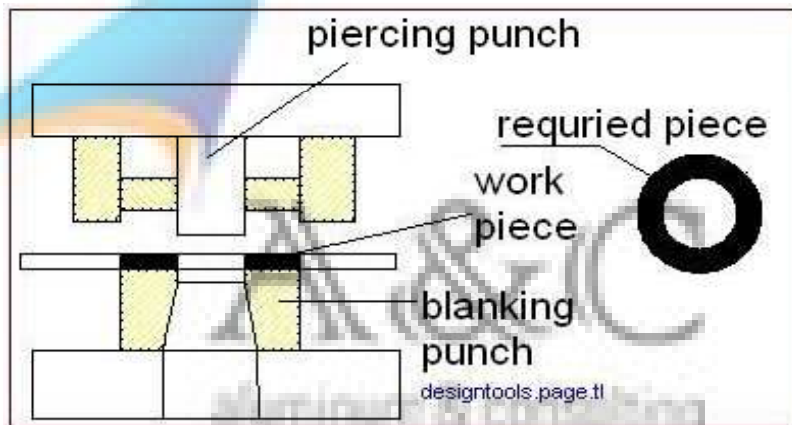
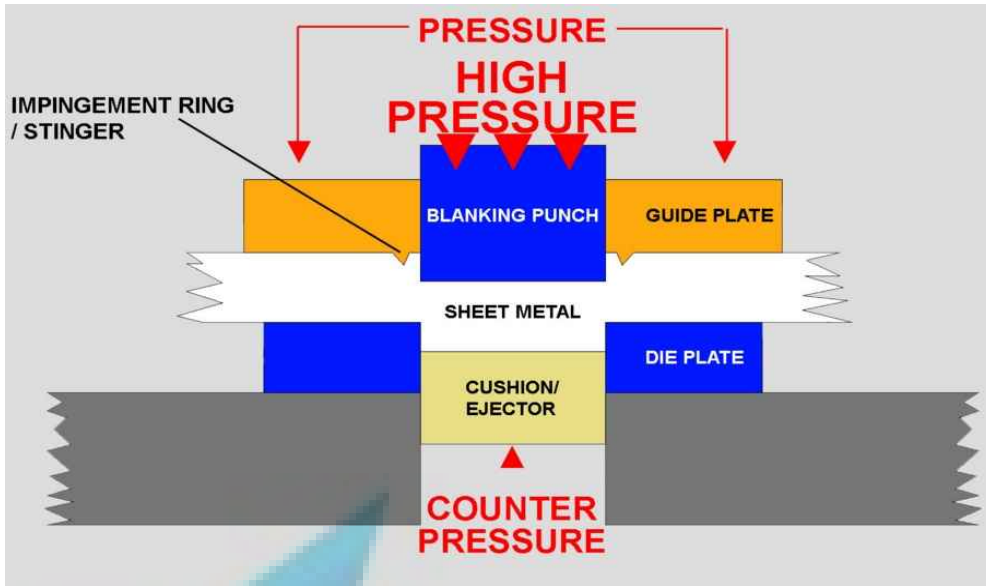
1.1.2. 블랭킹(blanking)

소재로부터 정해진 형상을 절단해내어 그것을 제품으로 사용하는 작업



1.1.3. 피어싱(piercing)-편칭(punching)

제품으로 사용하고자 하는 소재로부터 구멍을 뚫어내는 작업, 이 작업을 편칭(punching)이라고도한다.



1.1.4. 트리밍(Trimming)

성형된 제품의 불규칙한 가장자리 부위를 절단하는 작업

TRIMMING



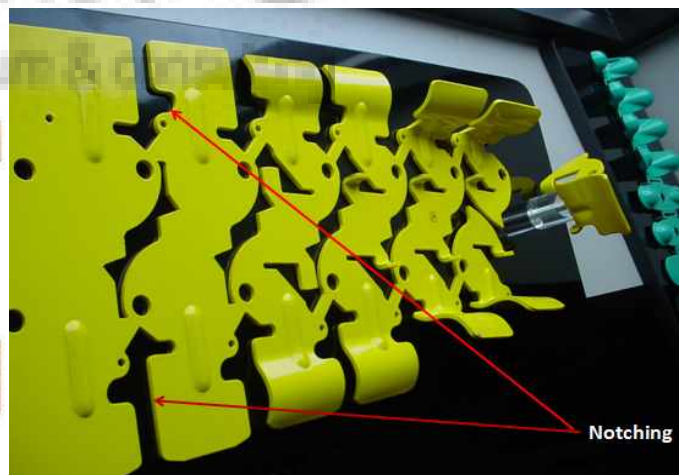
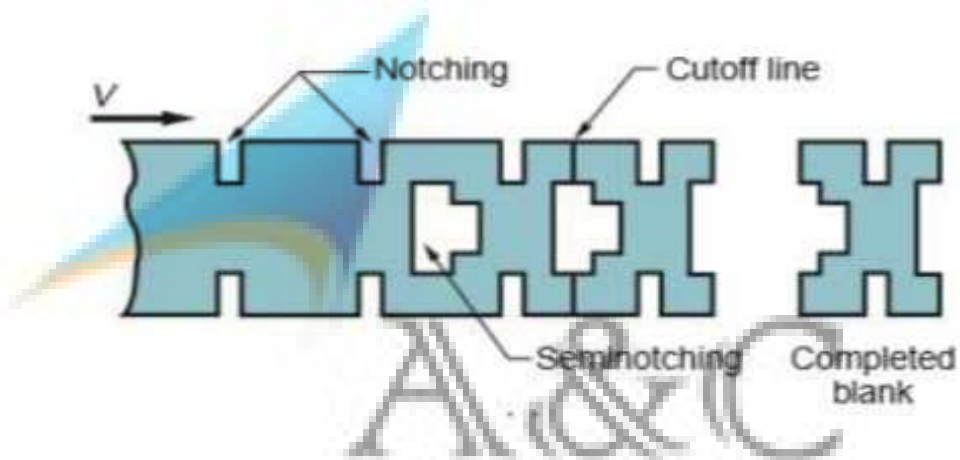
Copyright © 2009 CustomPartNet

1.1.5. 노칭(Notching)

소재의 가장자리로부터 원하는 형상을 절단하는 것으로 전단선 윤곽이 폐곡선을 이루지 않음

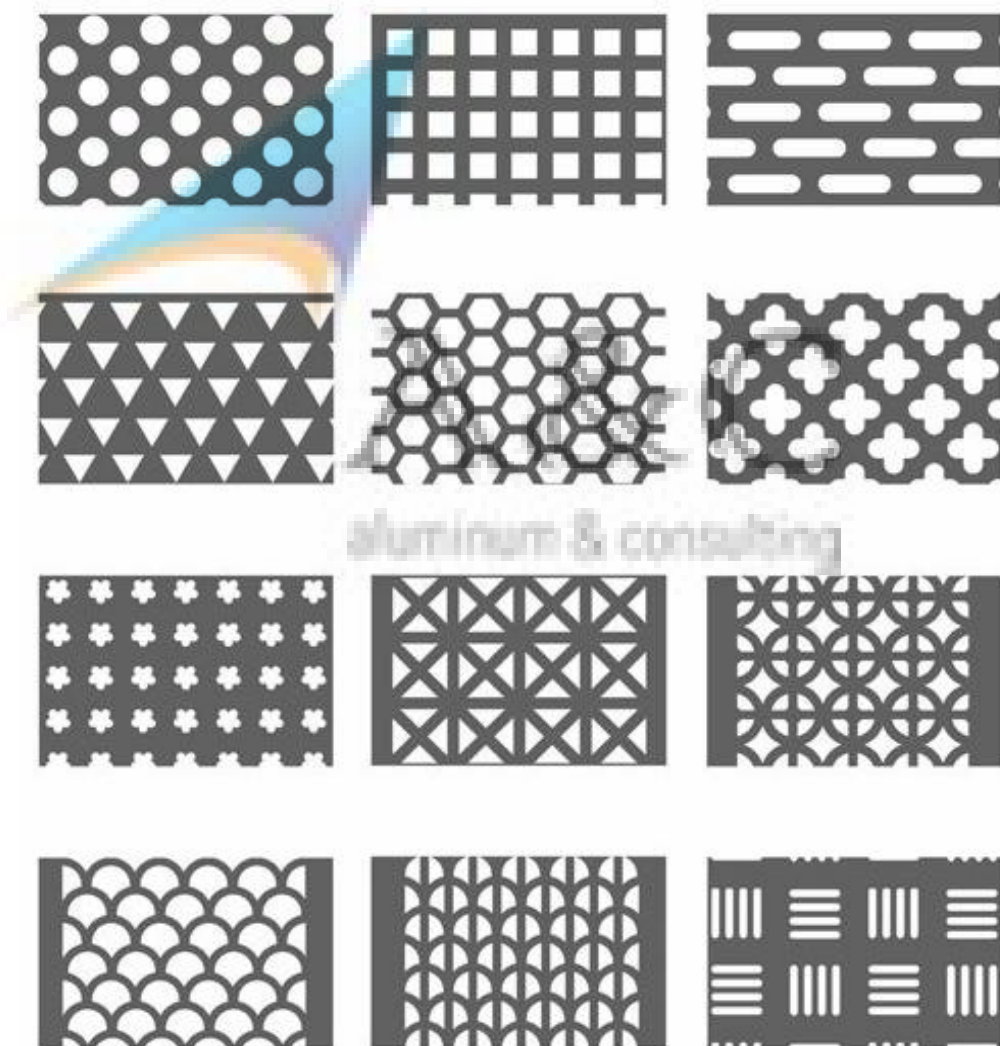
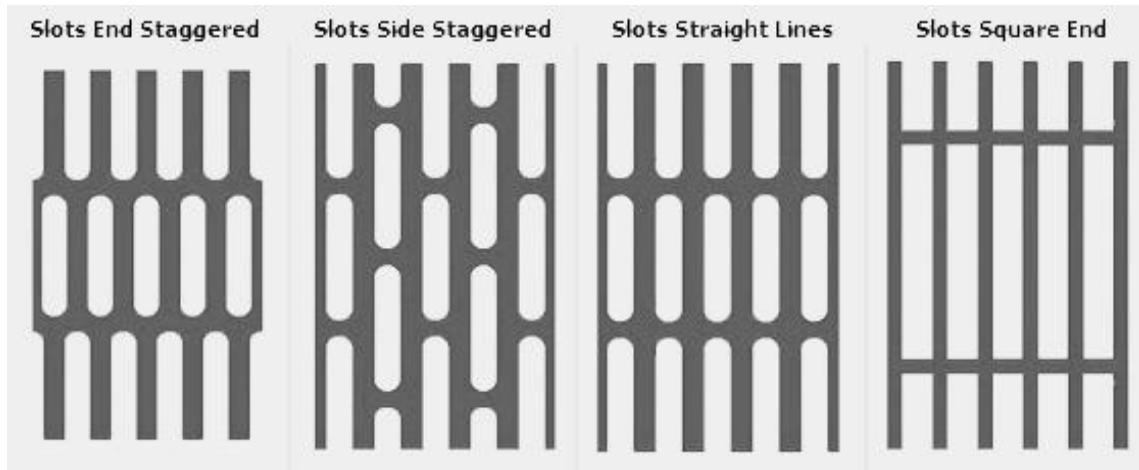
Notching

- Notching involves cutting out a portion of a metal from the side of sheet or strip.
- Semi notching removes a portion of a metal from the interior of the sheet.



1.1.6. 슬로팅(Slotting)

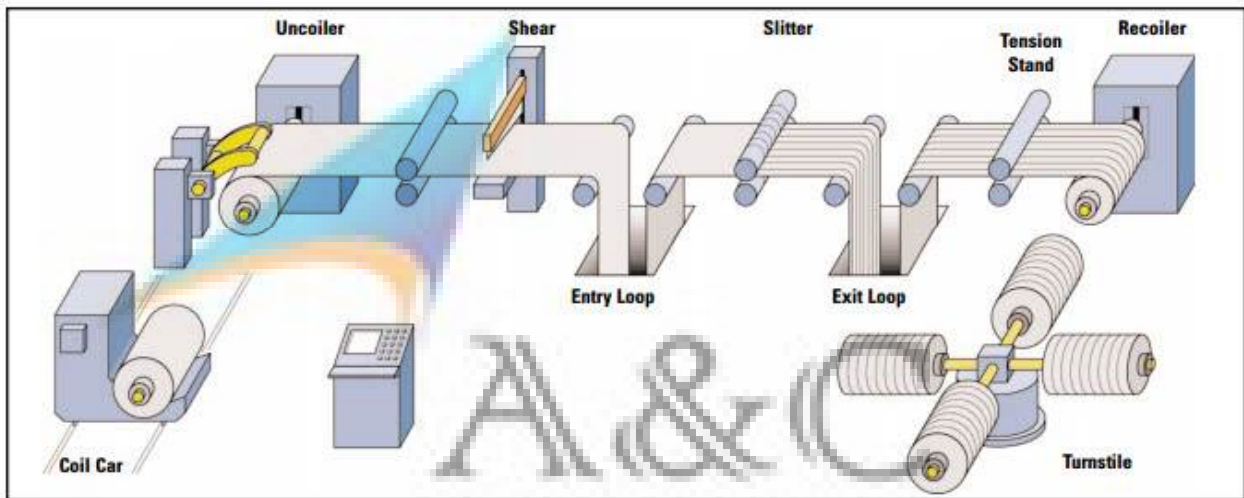
판재의 중앙부에서 가늘고 긴 홈을 절단하는 작업으로 피어싱과 유사함



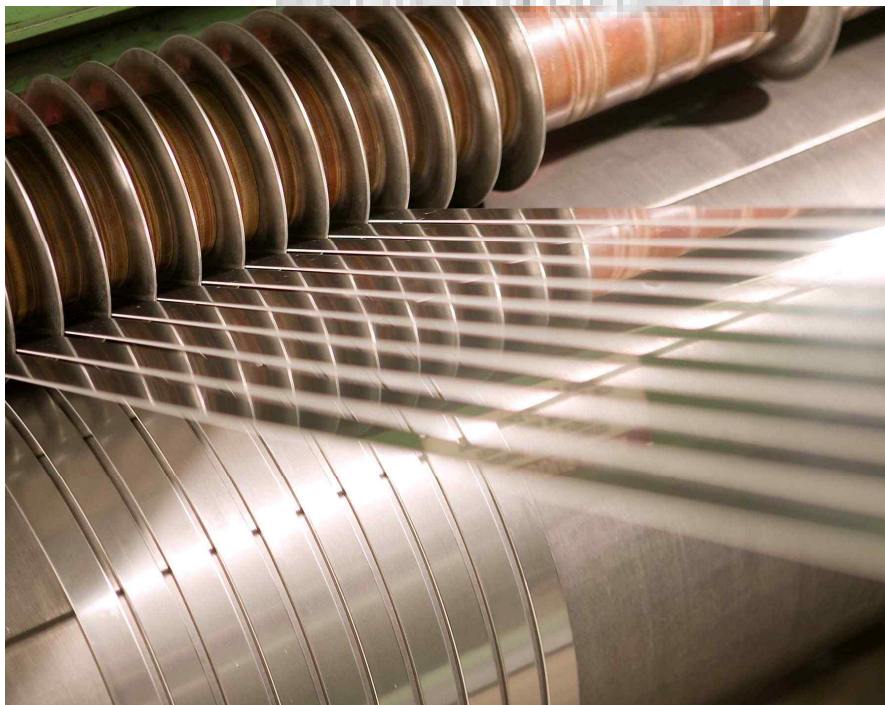
1.1.7. 슬리팅(Slitting)

판재의 일부에 가는 절입선을 가공하는 작업 또는 넓은 판재를 일정한 간격의 좁은 코일 또는 스트립으로 가공하는 작업

CUTTING OF METAL STRIP FROM METAL SHEET

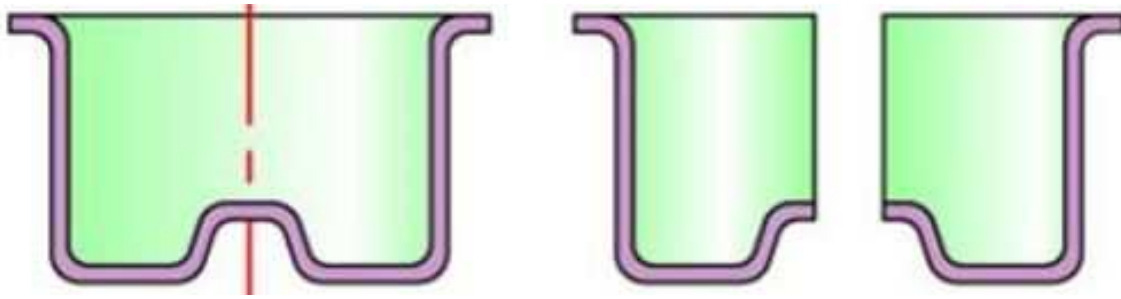


Typical Slitting Line



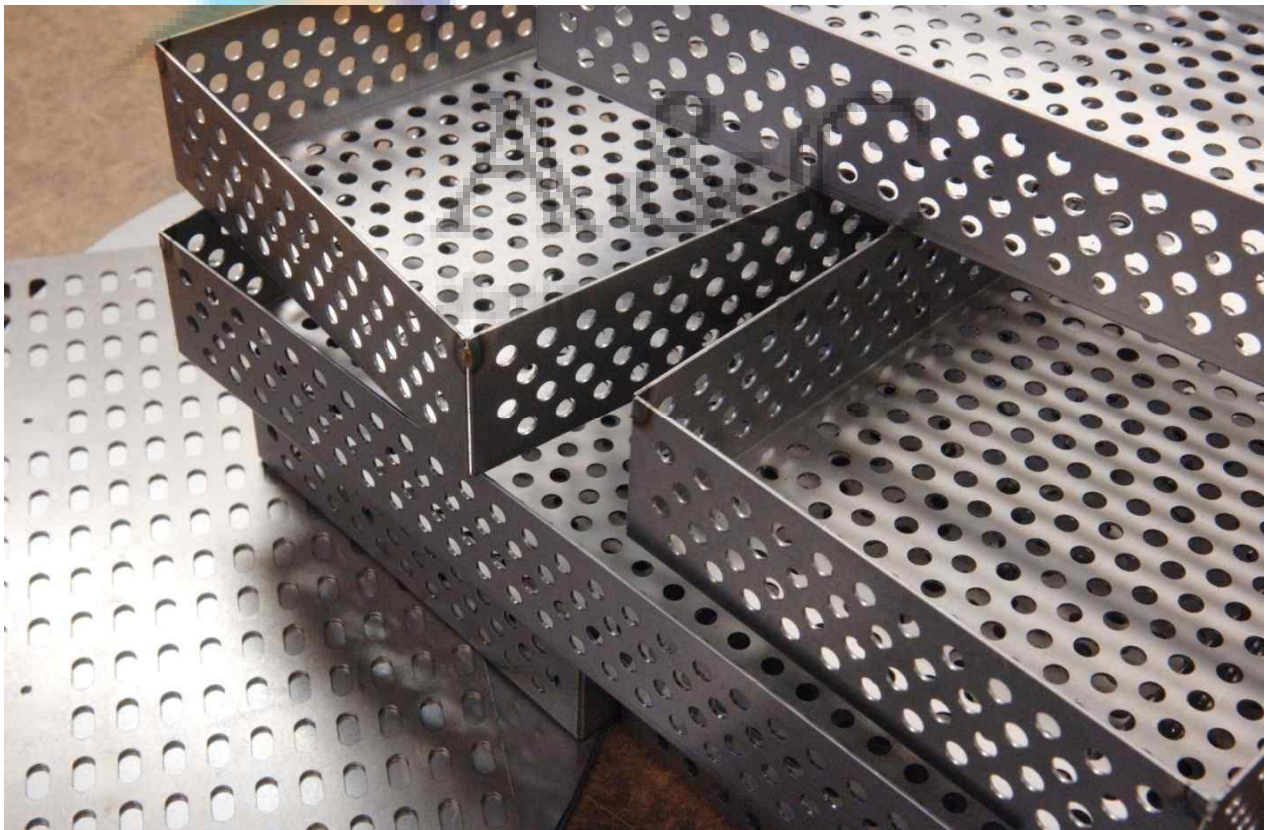
1.1.8. 세퍼레이팅(Separating)

성형된 제품을 2개 이상으로 분리 하는 작업



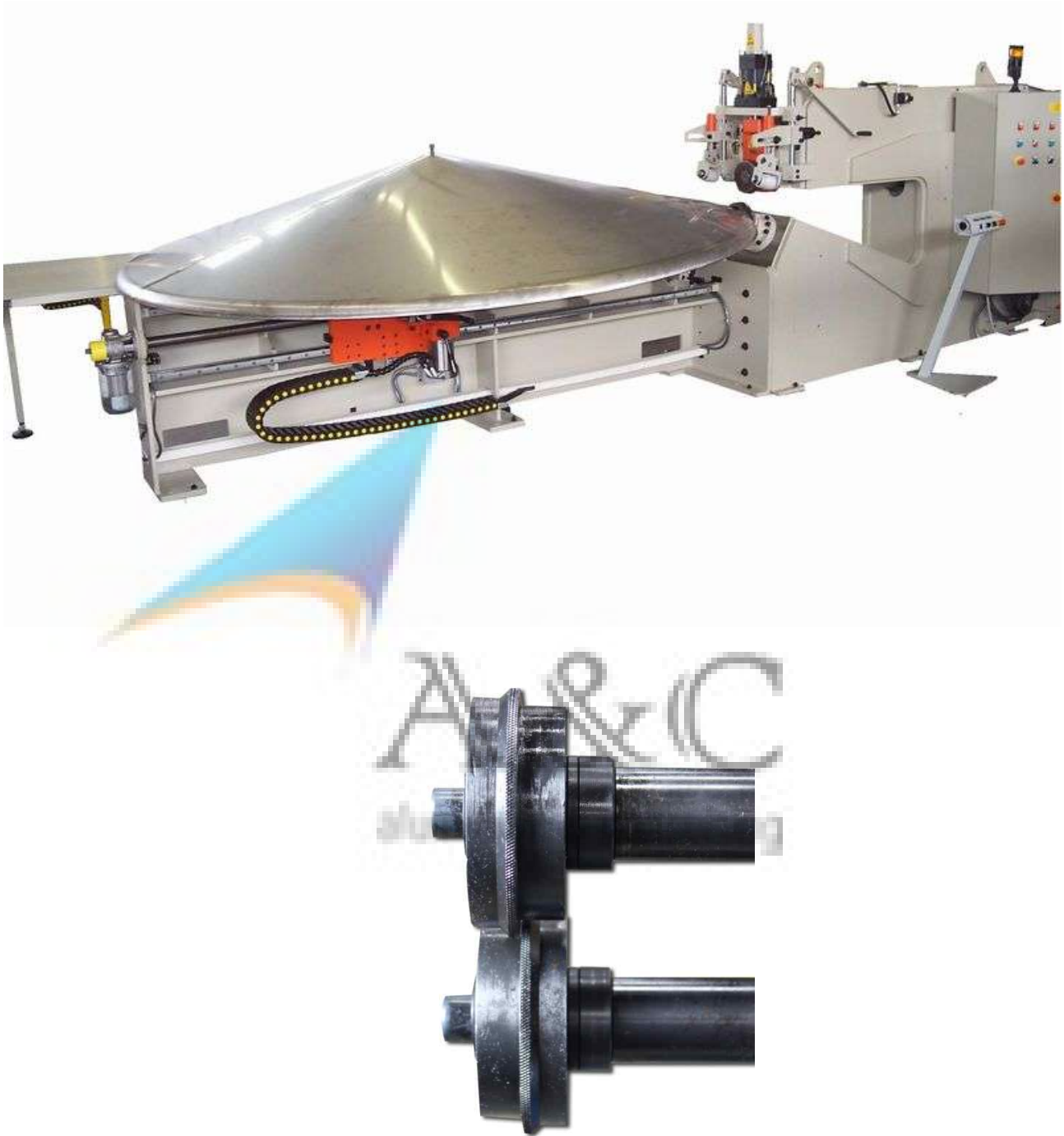
1.1.9. 퍼포레이팅(Perforating)

판재상에 많은 구멍을 규칙적인 배열로 피어싱하는 작업

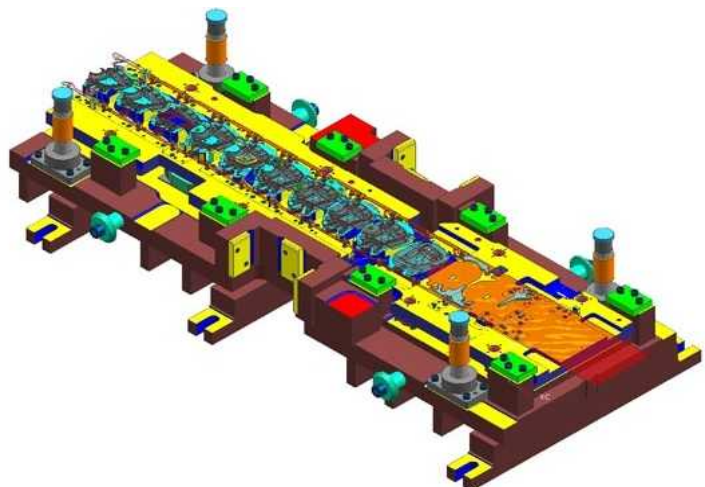
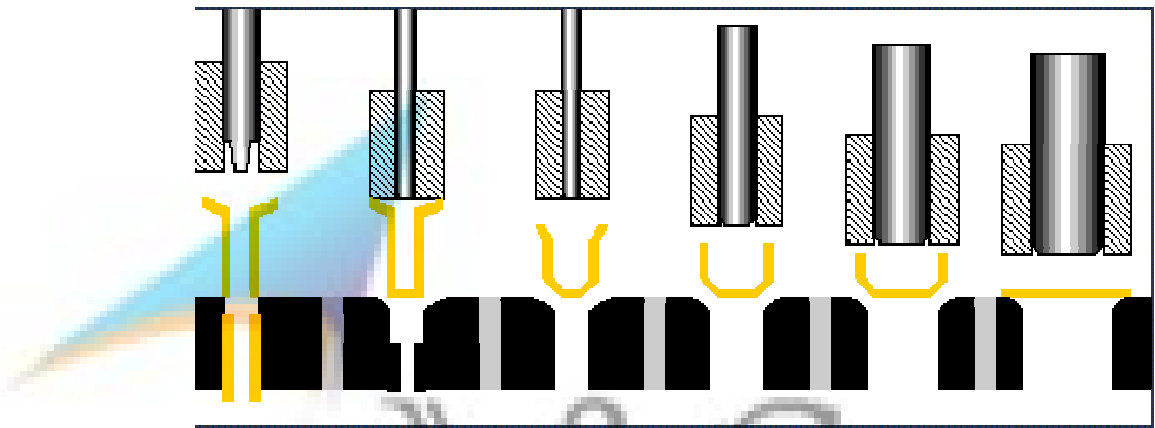
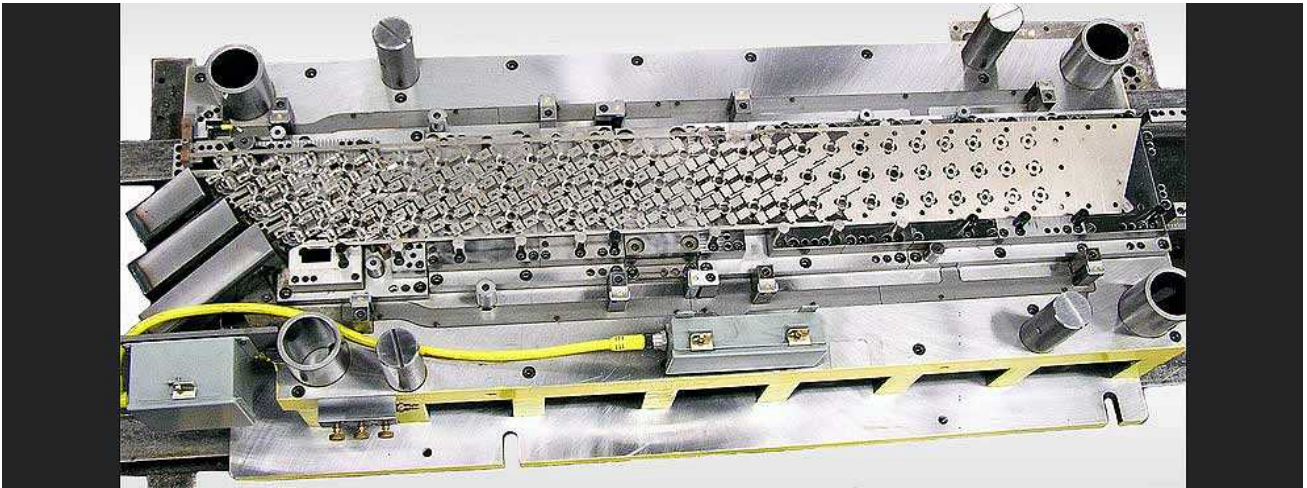


1.1.10.회전절단 (rotary shearing)

접시 모양의 커터를 프레스 회전시키면서 자르는 절단법이다. 판이나 박(箔)의 거스러미나 띠모양의 절단을 하는 데 필요하다.

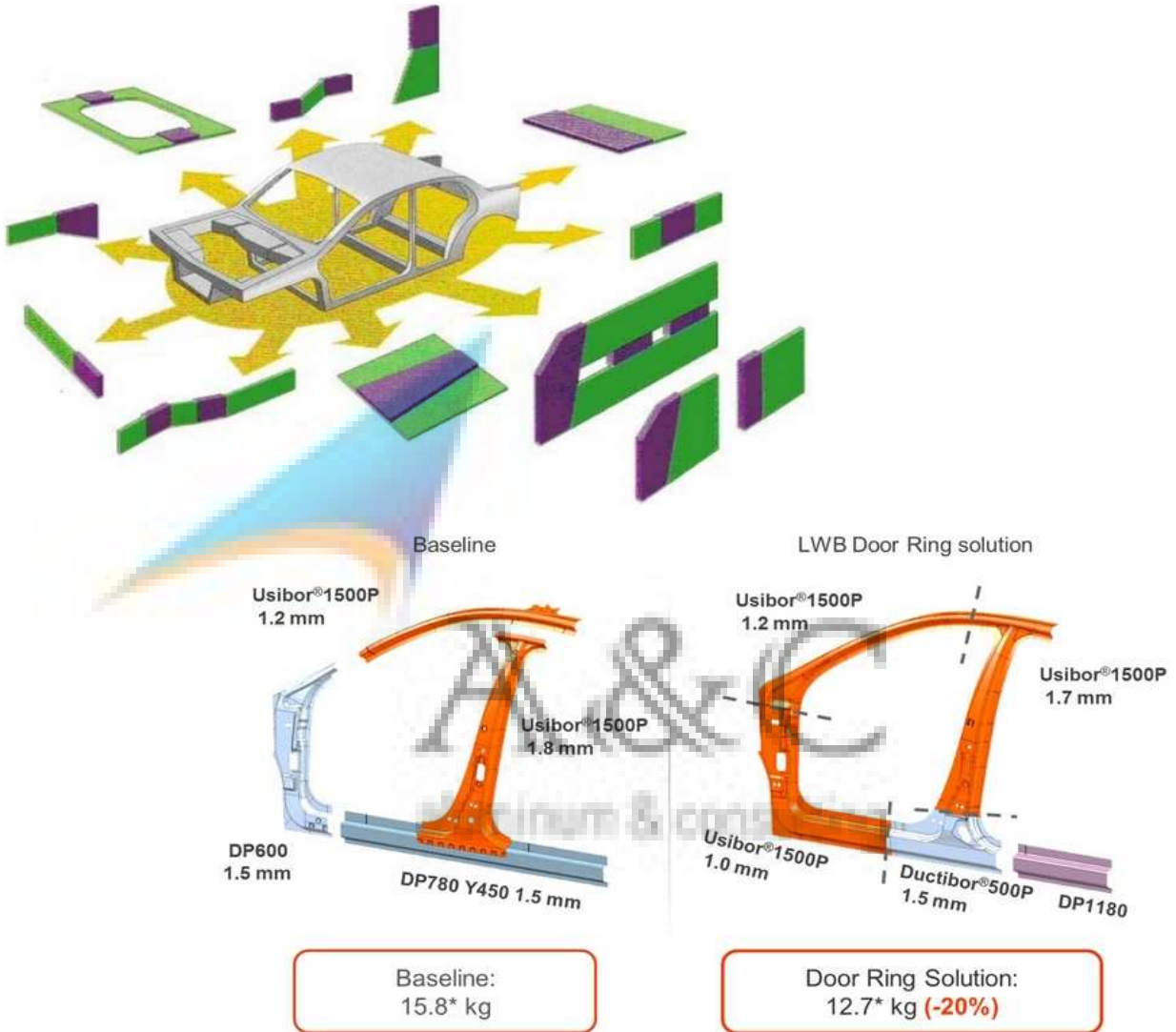


1.1.11. progressive dies process



1.1.12. 맞춤형 재단 강판 (tailor-welded blanks)

두께와 강도 재질 등이 서로 다른 강판을 적절한 크기와 형상으로 절단해 레이저로 용접, 원하는 형태의 제품으로 가공한 것. 차량에 TWB 제품을 적용시키면 차량 중량의 10%가량을 줄여주기 때문에 연비절감은 물론 충돌에 강해 차체 안전성을 높일 수 있다. 이처럼 차체 경량화와 안전성을 높일 수 있어 TWB 강재는 차체 프런트도어, 범퍼, 필러 등에 적용되는 자동차 강재 가운데 고가이자 핵심부품으로 쓰인다



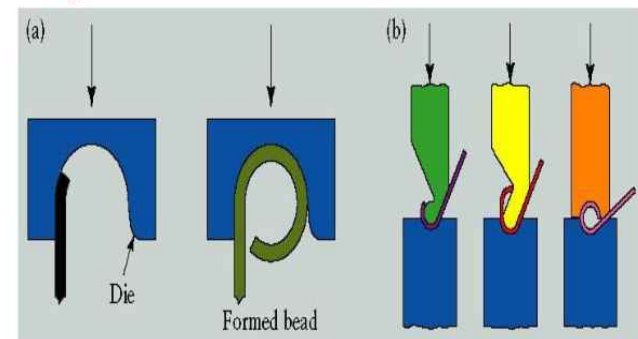
1.1.13. 프레스 브레이크 작업 (press brake operations)

판금 절곡용(板金折曲用) 기계 프레스의 일종. 길이가 긴 판금의 절곡 작업 전용의 크랭크 프레스. 절곡 작업 이외에 광폭(廣幅) 프레스로서 성형, 구멍 뚫기, 외연(外緣) 절단 등에도 사용된다.



Manufacturing Technology

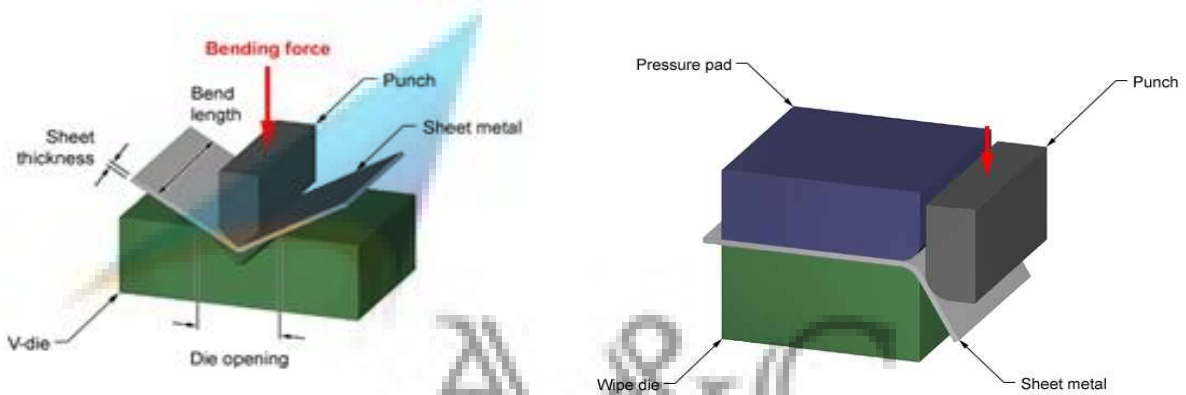
Beading



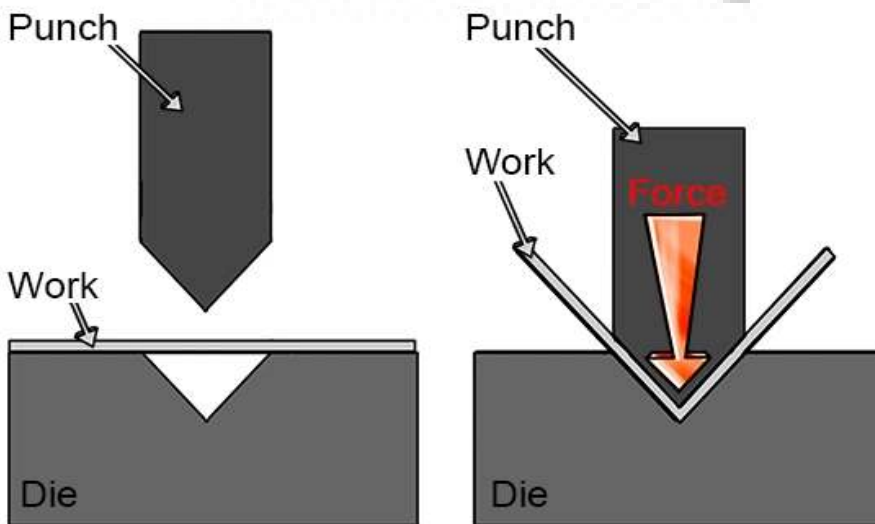
(a) Bead forming with a single die. (b) Bead forming with two dies, in a press brake.

1.2. 굽힘 가공(bending)

넓은 의미로는 모든 성형 가공을 굽힘가공이라고 볼 수 있다. 그러나 일반적으로는 평평한 판재나 반듯한 봉, 관 등을 입체적인 형상으로 가공하는 가공만을 굽힘가공이라고 한다. 굽힘가공은 냉간 가공과 가열 성형가공으로 크게 구분된다. 냉간가공은 상온상태에서 기계적인 힘을 가하여 재료에 소성변형을 일으키는 것으로, 벤딩 롤러와 유압 프레스가 사용된다. 벤딩 롤러는 3~4개의 롤러를 위·아래로 배치하여 롤러 사이로 강판을 넣고 윗 부분의 롤러를 유압 잭으로 눌러 강판에 압력을 가하면서 롤러를 굴러 강판을 굽힌다. 유압 프레스는 강판을 직각으로 굽힐 때 사용하거나 완만한 3차원 곡면판을 만들 때 등 강판의 여러 가지 굽힘작업에 다양하게 사용된다. 가열성형가공은 강재를 국부적으로 가열하였다가 급속 냉각시키면 그 부위가 수축하는 성질을 이용하여 강판을 굽힘가공하는 작업 방법이다. 선상가열법(Lineal Heating)과 점가열법이 있다. 그밖의 굽힘가공용 기계로 산(∩)형강이나 T형강 등을 굽히는 앵글 벤더, 텔레비전의 캐비닛, 세탁기나 냉장고 등의 케이스를 제작하는데 이용되고 있는 탄젠트 벤더 등이 있다.

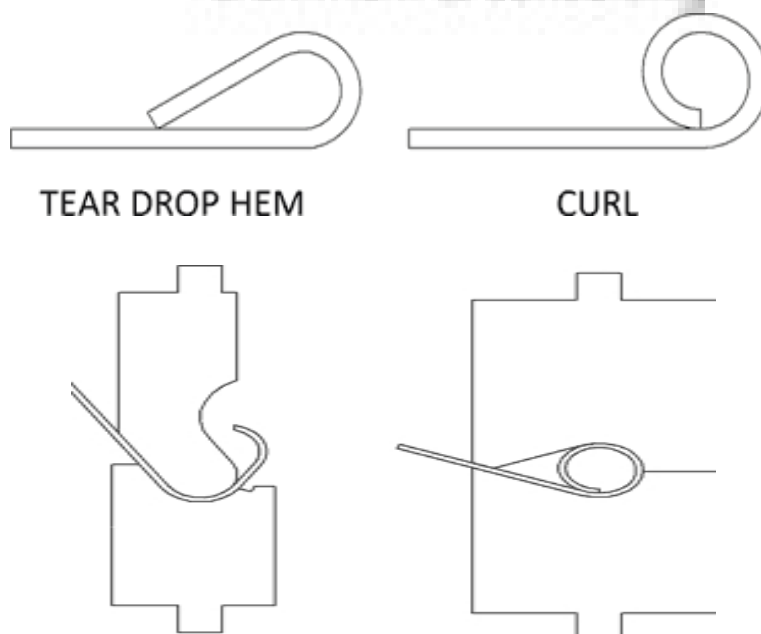
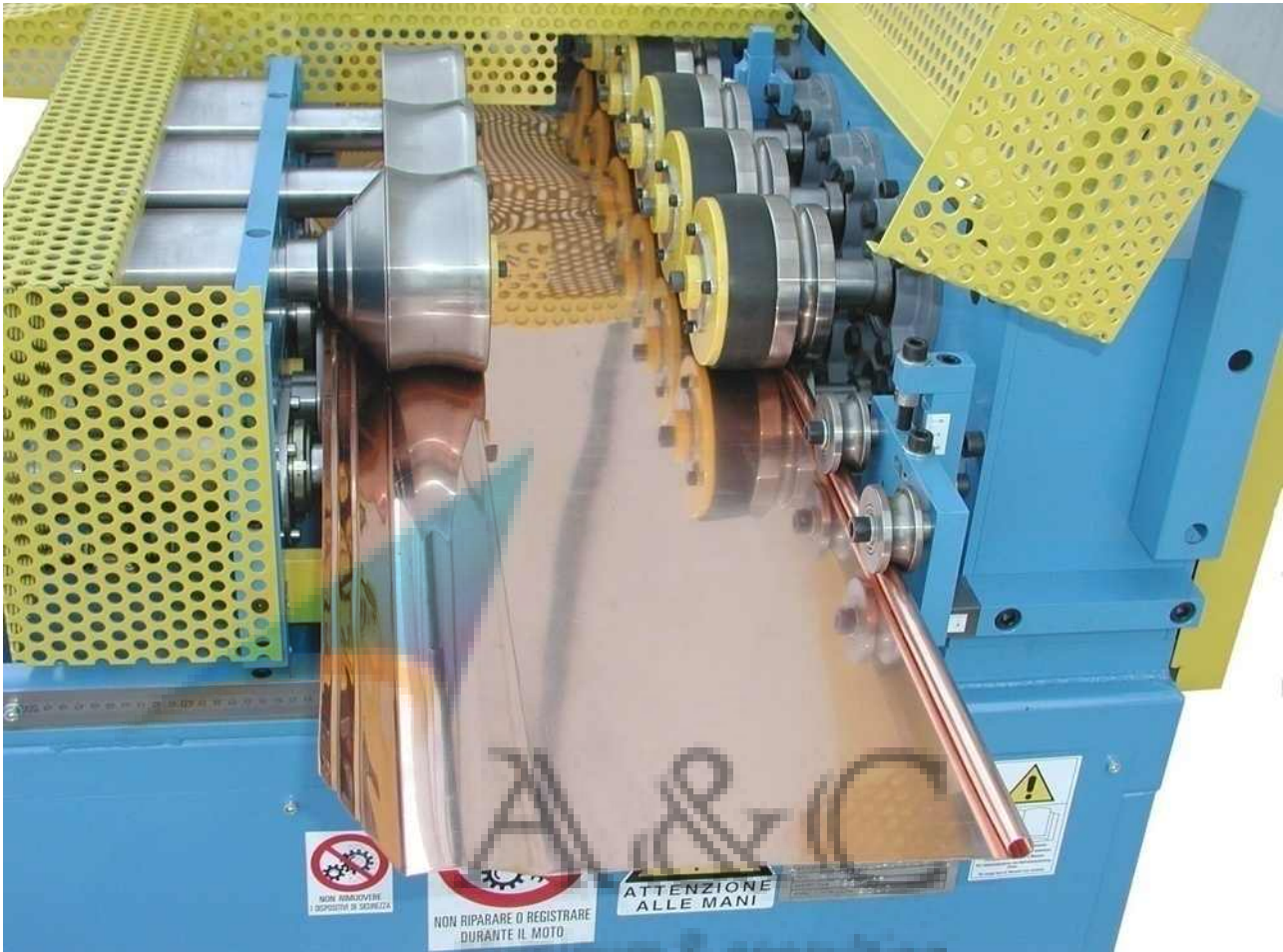


A&C
aluminum & consulting



1.2.1. 컬링(curling)

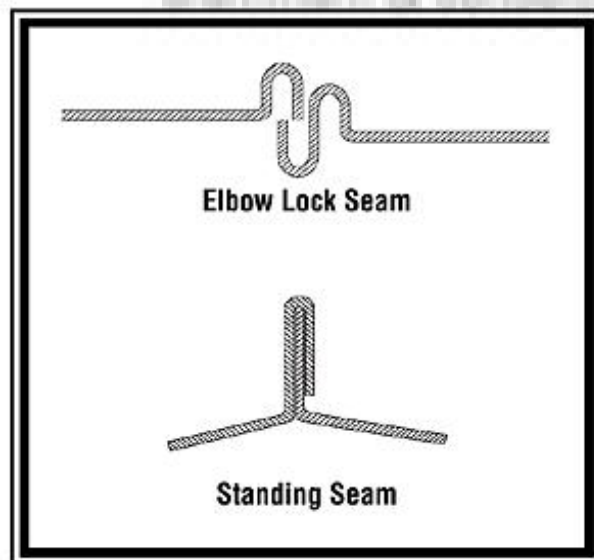
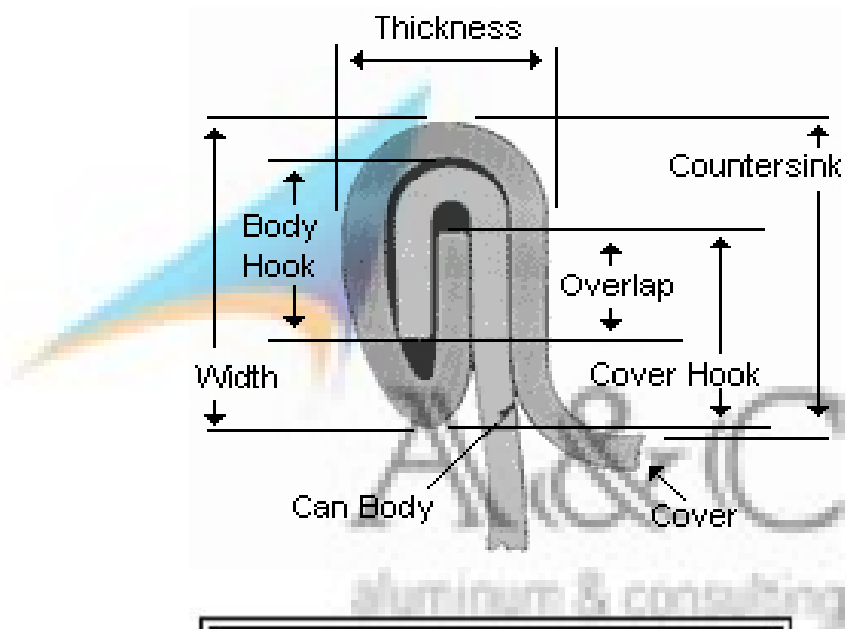
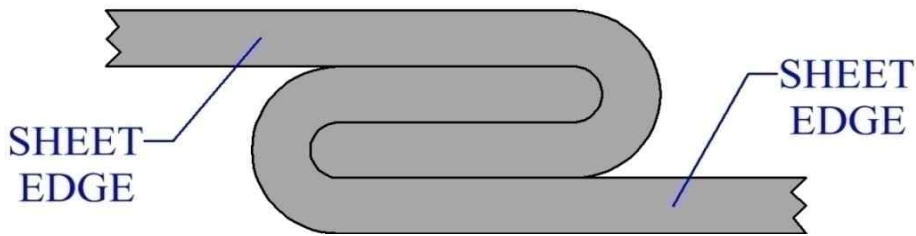
판이나 용기의 가장자리부에 원형 단면의 테두리를 만드는것. 미용에서 파마도 사실은 컬링에 들어간다. 주로 가장자리의 날카로운 부분을 없애기 위해 끝부분을 둥글게 안으로 말아 넣는것을 말한다.



1.2.2. 시밍(seaming)

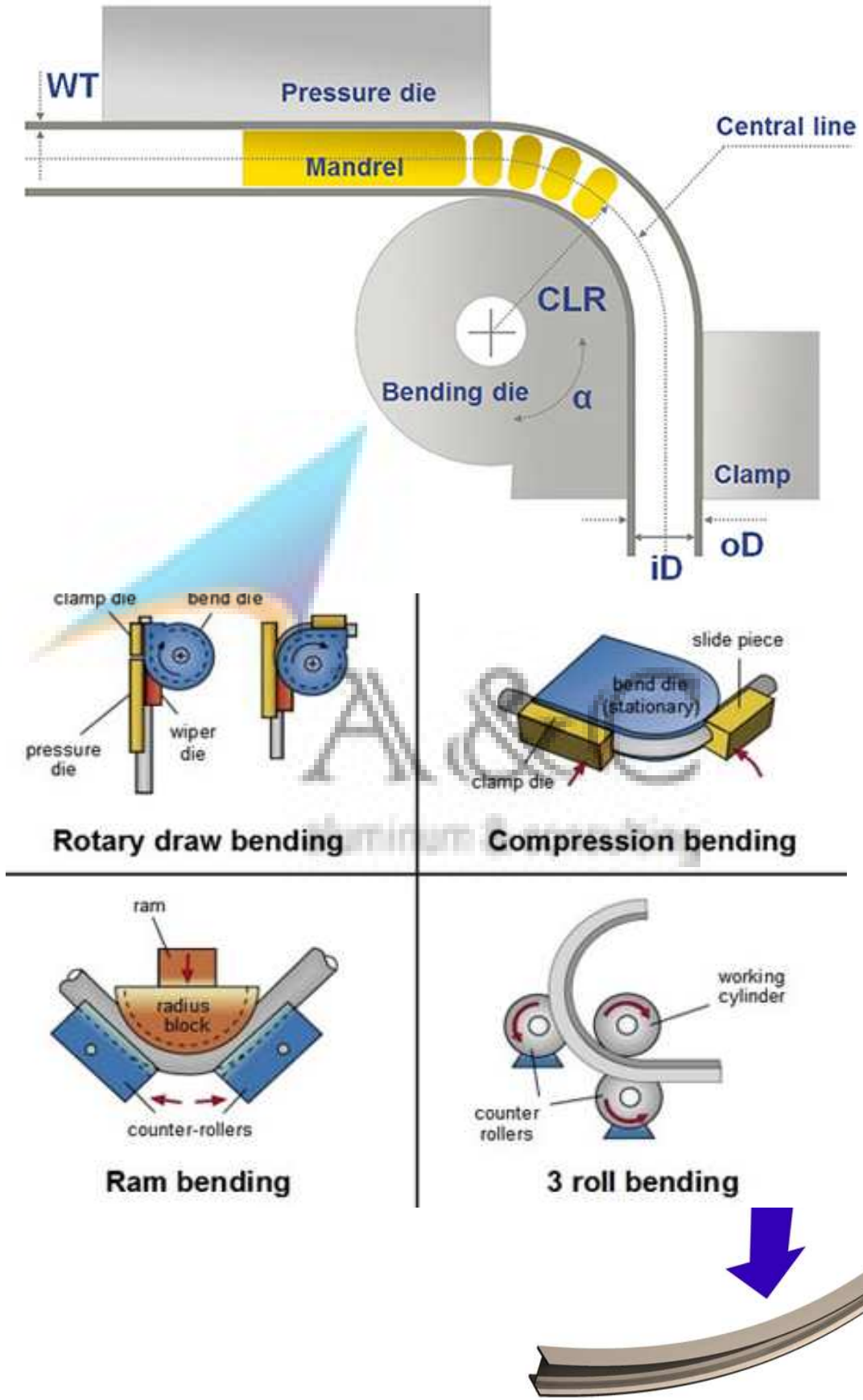
2장의 판재의 단부를 굽히면서 겹쳐 눌러서 접합하는 가공으로 물받이 홈통과 같이 이음새를 엮어 넣은 것

SEAMING OF SHEET METAL



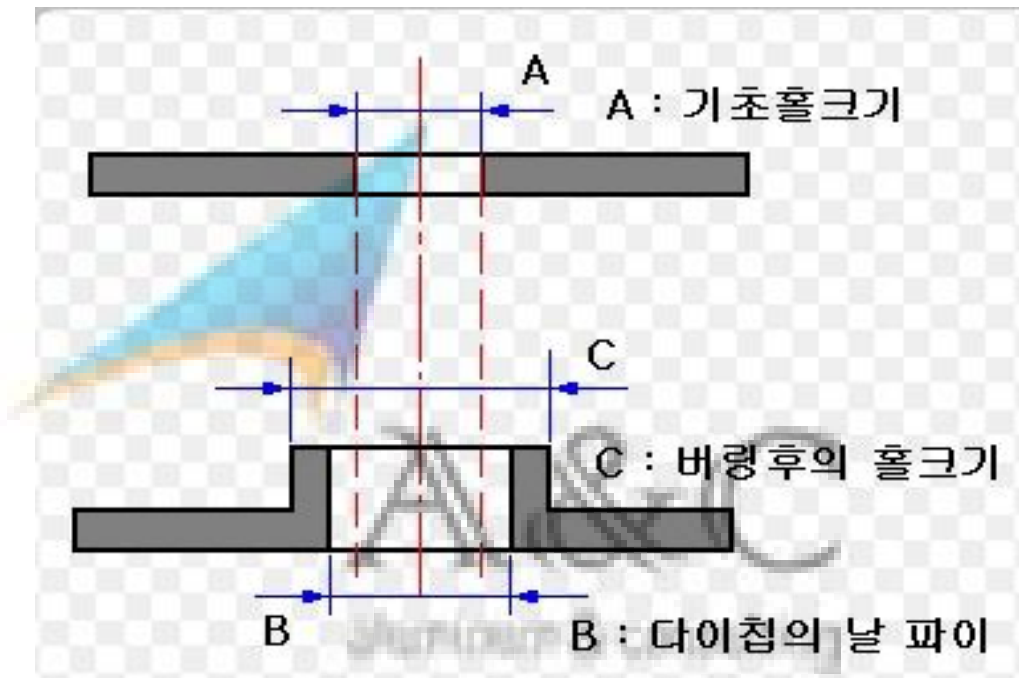
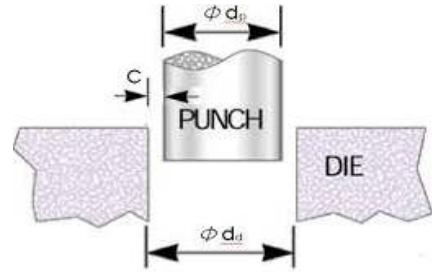
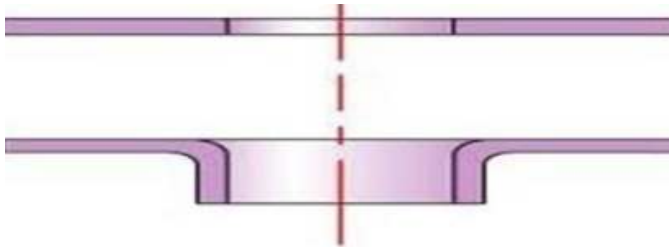
1.2.3. 벤딩(bending)

굽힘작업의 포괄적인 총칭/ V형,U형,L형 굽힘,시밍들도 여기에 포함된다.



1.2.4. 버링(burring)

재료판에 미리 뚫어 놓은 구멍을 넓히기 위해 구멍 가장자리를 원통 모양으로 프레스 펀치로 넓히는 것을 말한다.



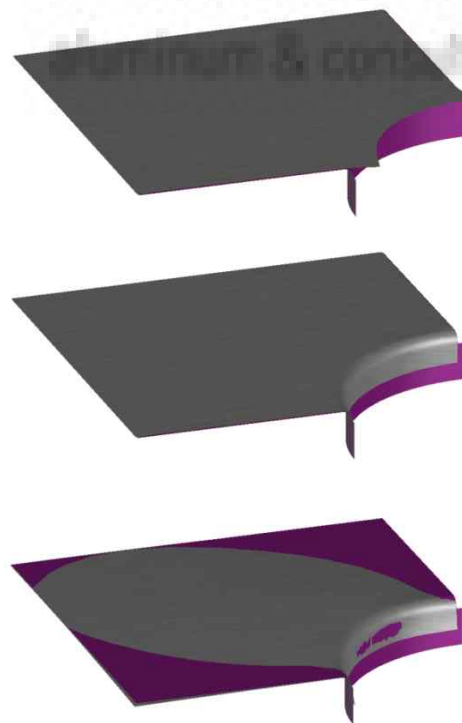
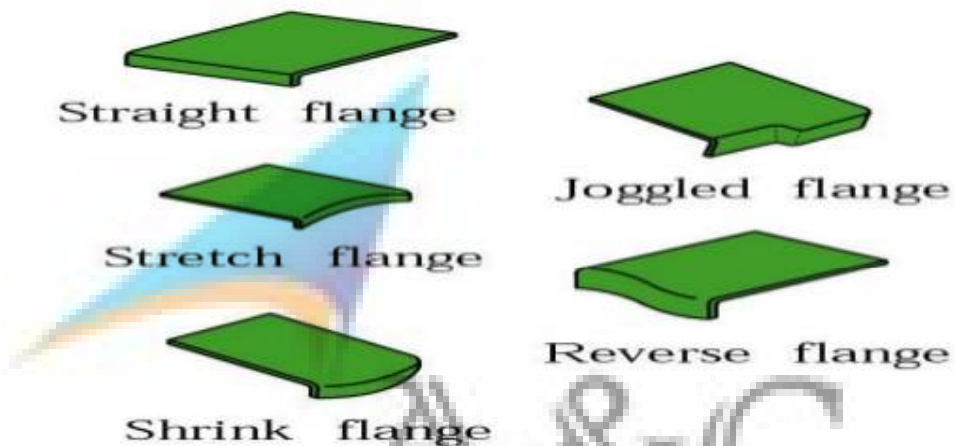
1.2.5. 플랜징(flanging)

제품의 강도를 보강하기 위하여, 또는 성형(成形) 그 자체를 목적으로 판금(板金)의 가장 자리를 굽혀서 플랜지를 만드는 작업을 가리킨다. 스트레이트 플랜징(Straight flanging), 스트레치 플랜징(Stretch flanging), 슈링크 플랜징(Shrink flanging), 조글 플랜징(joggled flanging), 리버스 플랜징(reverse flanging) 등 5종류가 있다.

Manufacturing Technology

■ Flanging

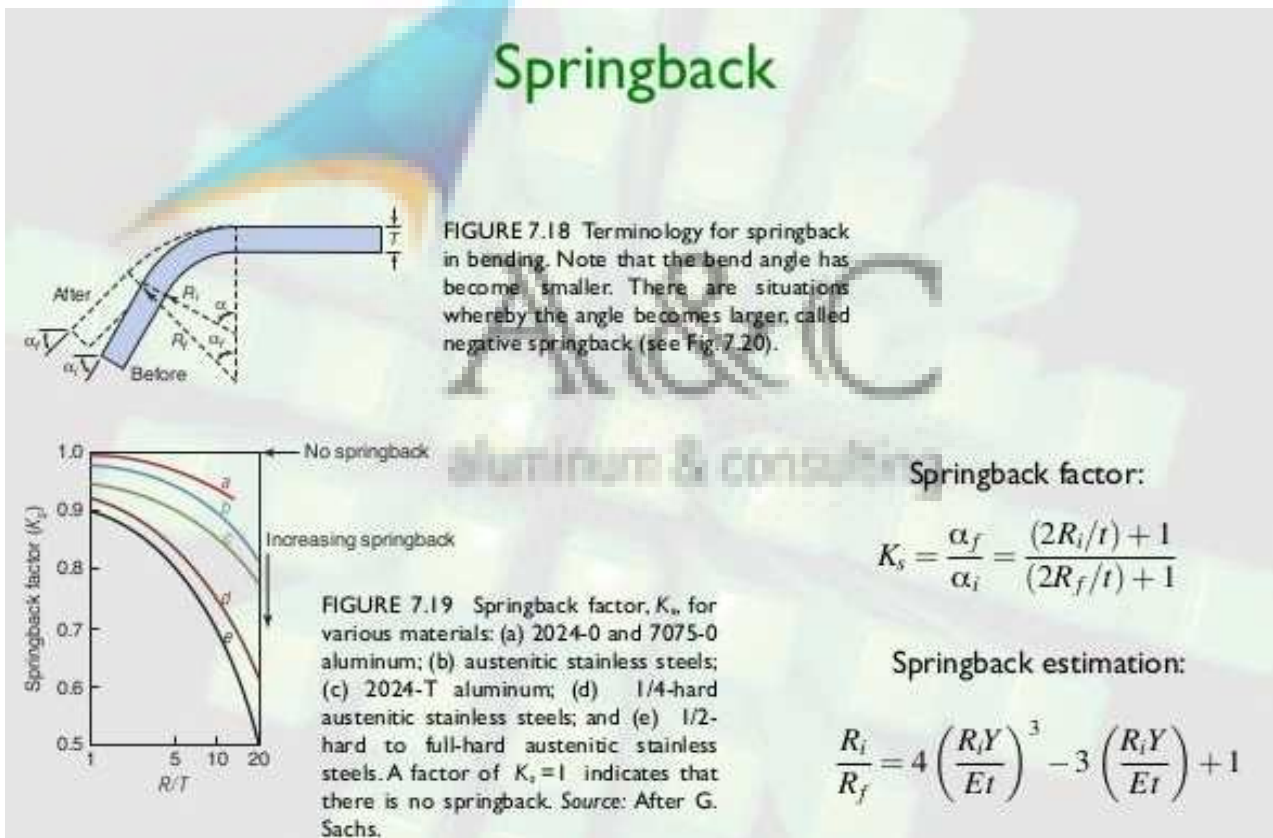
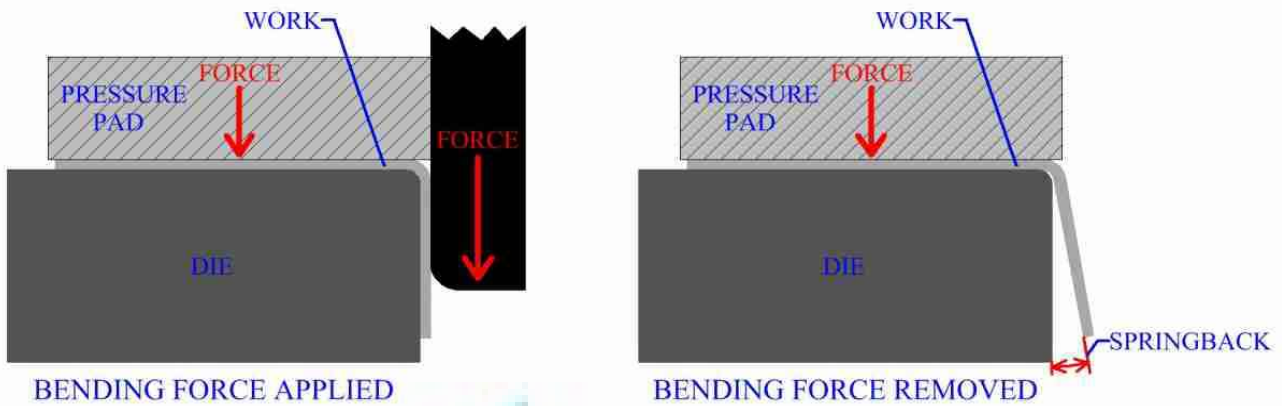
- Flanging is a process of bending the edges of sheet metals to 90°
 - Shrink flanging - subjected to compressive hoop stress.
 - Stretch flanging - subjected to tensile stresses



1.2.6. 탄성회복(彈性回復, spingback, elastic recovery)

어느 정도의 반복 응력을 받은 재료를 오랫동안 상온에서 방치하거나 또는 250°C 정도까지 가열 하면 최초 이력 현상을 가졌던 것이 없어지고 탄성적으로 되는 것을 말한다.

SPRINGBACK



탄성회복(彈性回復, spingback, elastic recovery)

Negative Springback

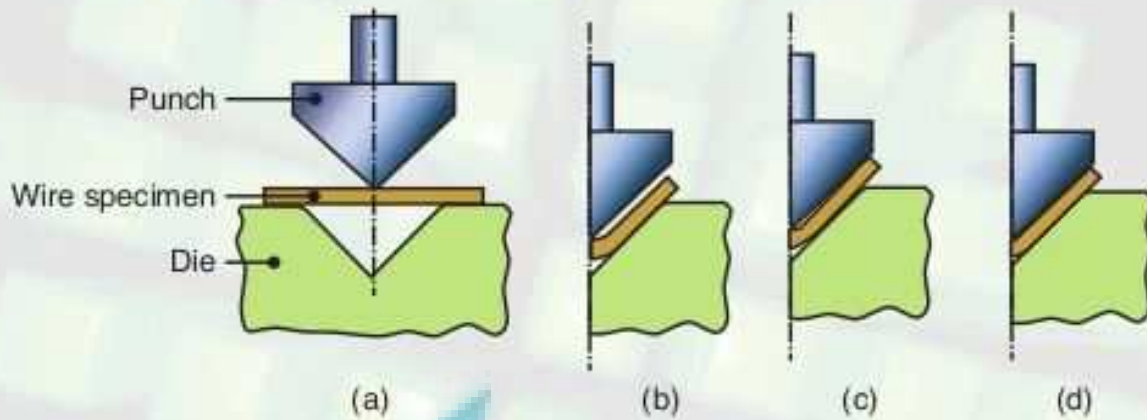


FIGURE 7.20 Schematic illustration of the stages in bending round wire in a V-die. This type of bending can lead to negative springback, which does not occur in air bending (shown in Fig. 7.24a). Source: After K.S. Turke and S. Kalpakjian.

A&C Bending Mechanics

aluminum & consulting

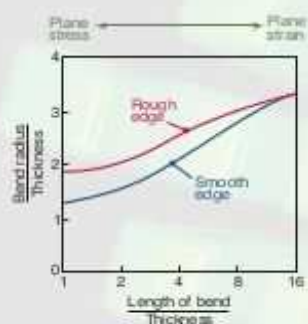


FIGURE 7.16 The effect of length of bend and edge condition on the ratio of bend radius to thickness for 7075-T aluminum sheet. Source: After G. Sachs and G. Espey.

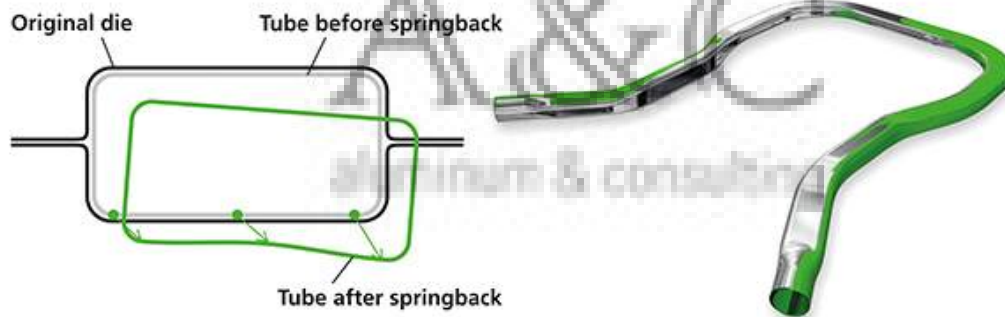


FIGURE 7.17 (a) and (b) The effect of elongated inclusions (stringers) on cracking in sheets as a function of the direction of bending with respect to the original rolling direction. This example shows the importance of orienting parts cut from sheet to maximize bendability. (c) Cracks on the outer radius of an aluminum strip bent to an angle of 90°; compare this part with that shown in (a).

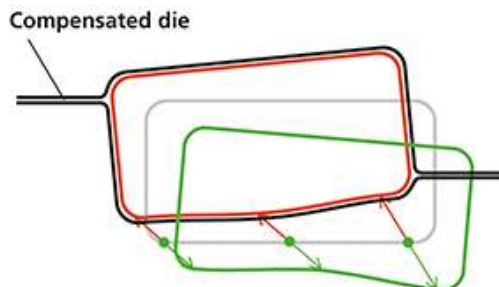
탄성회복(彈性回復, springback, elastic recovery)



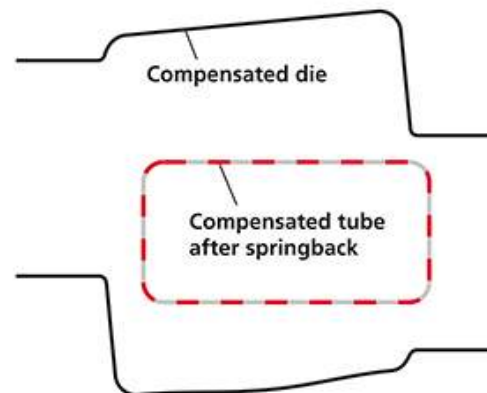
1. Hydroforming before and after springback



2. Compensation of hydroforming tools



3. Springback with compensated tools



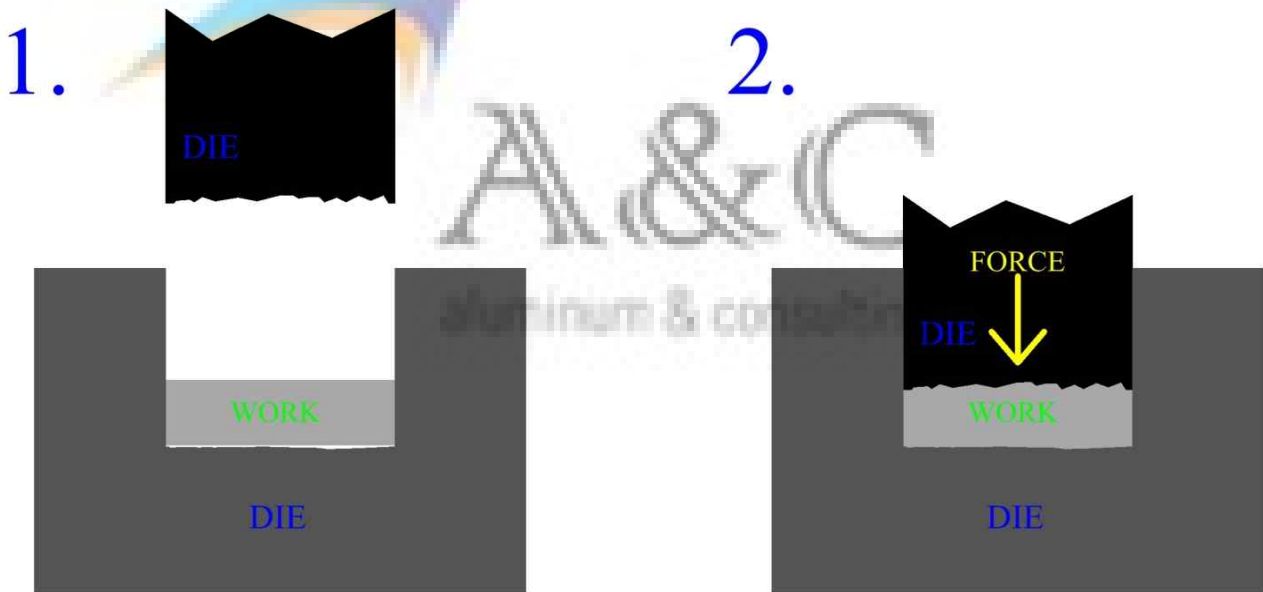
1.3. 압축가공 (壓縮加工, forming by compression)

재료에 강한 압축력을 가하여 소재변형을 일으키면서 금형 내부의 형상대로 제품이 성형되도록 하는 공정

1.3.1. 압인(壓印, coining)

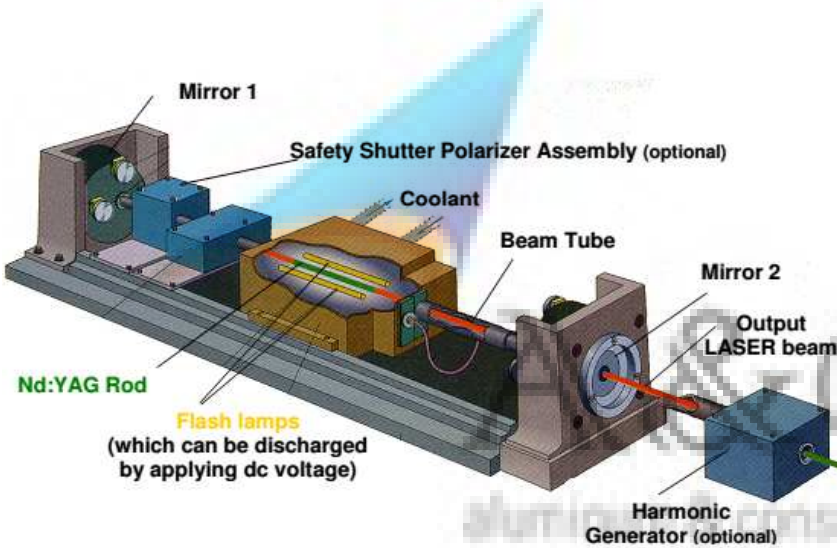
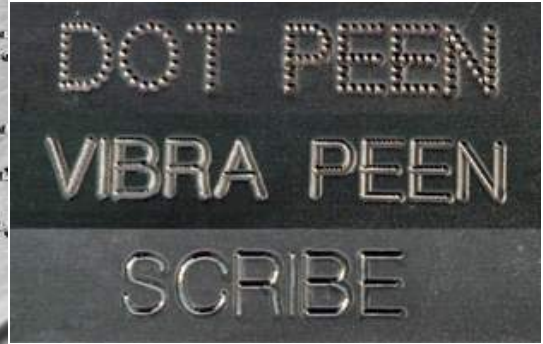
금속의 소성가공법의 하나. 소재 표면에 필요한 모양이나 무늬가 있는 형공구(型工具)를 눌러서, 비교적 얇은 요철이 생기게 하는 것이다. 화폐 외에 메달·스푼·ナイ프·포크·장식품·금속부품 등의 가공에 이용된다. 재료는 보통 부드러울수록 가공하기 쉬우나 단단한 재료라도 풀림(어닐링)하면 가공할 수 있다. 형공구로 짊 눌러기 때문에 소재의 흐름이 구속되므로 큰 가공압력이 필요하다. 특히 완전밀폐형에 의한 압인에서는 한층 높아진다. 가공압력을 조금이라도 낮추기 위해 소재 재질·소재형상·형의 설계 등에 세심한 배려를 한다. 가공압력은 형의 전진과 함께 증가하고 가공이 끝날 단계에서 급격히 증가한다. 변형량 및 스트로크(行程)가 일반적으로 짧기 때문에 압인가공용 프레스로서는 큰 에너지가 필요 없으나, 제품에 요철을 충분히 내기 위해서는 종속도가 느린 편이 바람직하다. 때문에 강성(剛性)이 높은 토글프레스가 가장 적당하지만, 고속 프리션 스크루 프레스나 해머류로도 족할 경우가 있다. 외주(外周)의 형태에 정확성을 필요로 할 때에는 압인 후에 트리밍 등의 다듬질 가공을 하게 된다.

COINING PROCESS



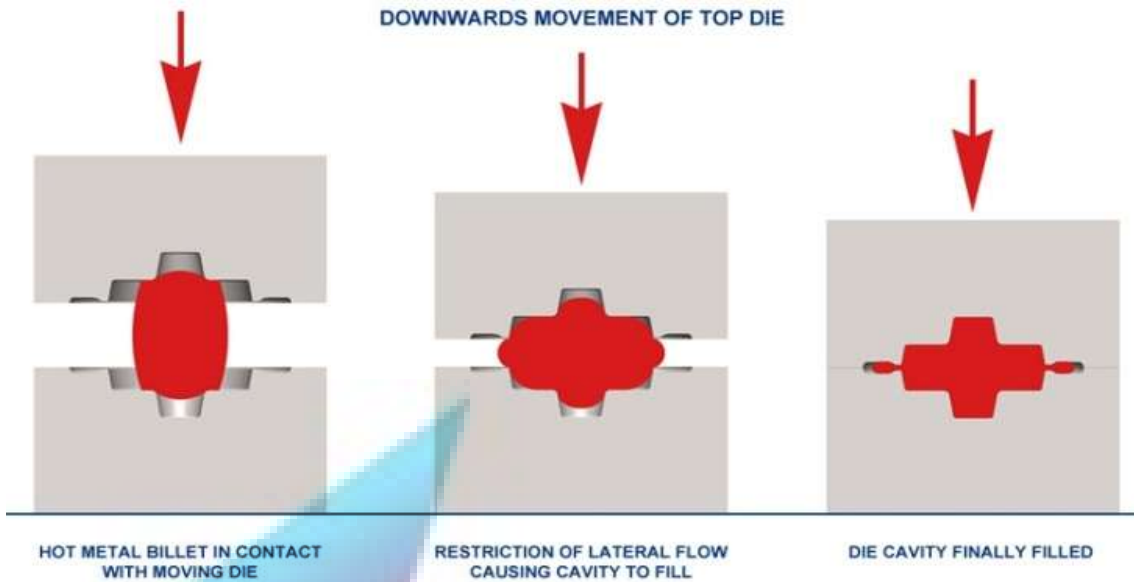
1.3.2. 마킹(marking)

재료의 일부분에만 마크 또는 문자를 압인 또는 각인하는 가공이며 종류로는 dot peen , laser , hand held pneumatic hammer등이 있다.



1.3.3. 업세팅(upsetting)

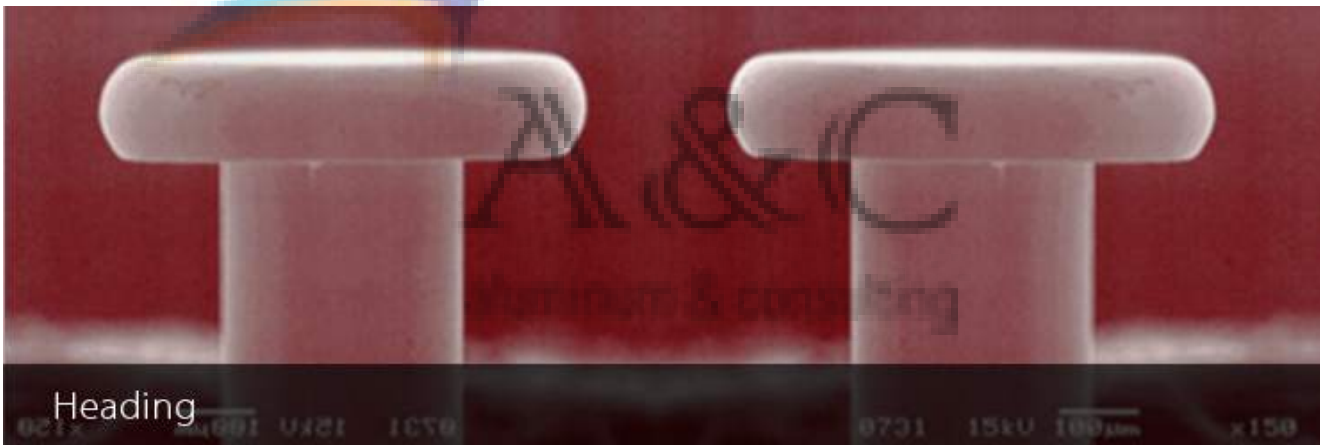
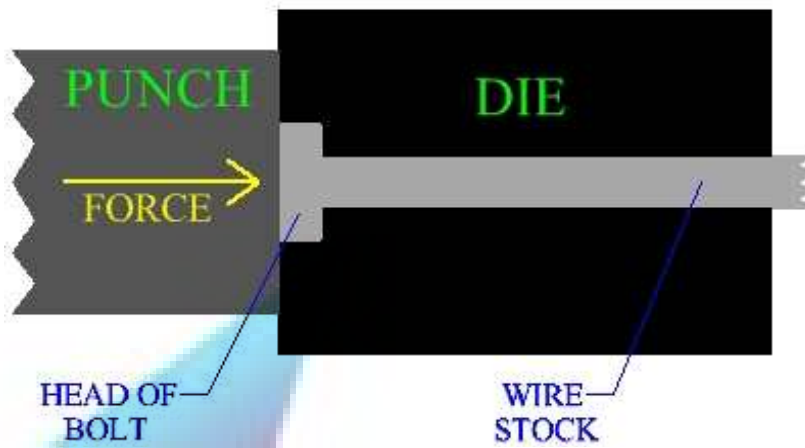
단조물 또는 그 일부를 축선상의 길이를 감소하여 횡단면을 증대하도록 하는 단련 작업을 거축단련(拒縮鍛鍊) 또는 업세팅 작업이라 한다. 이 방법에 의하면 단면이 매우 큰 제품을 압축으로서 만들 수 있다. 또, 비교적 소형 강괴로부터 큰 단면의 단조품을 만들 수가 있으며, 보통 단조법에 의해서 대형 강괴로부터 만들어진 제품에 비해서 불순물의 편석이 적은 것을 만들 수 있다.



1.3.4. 헤딩(heading)

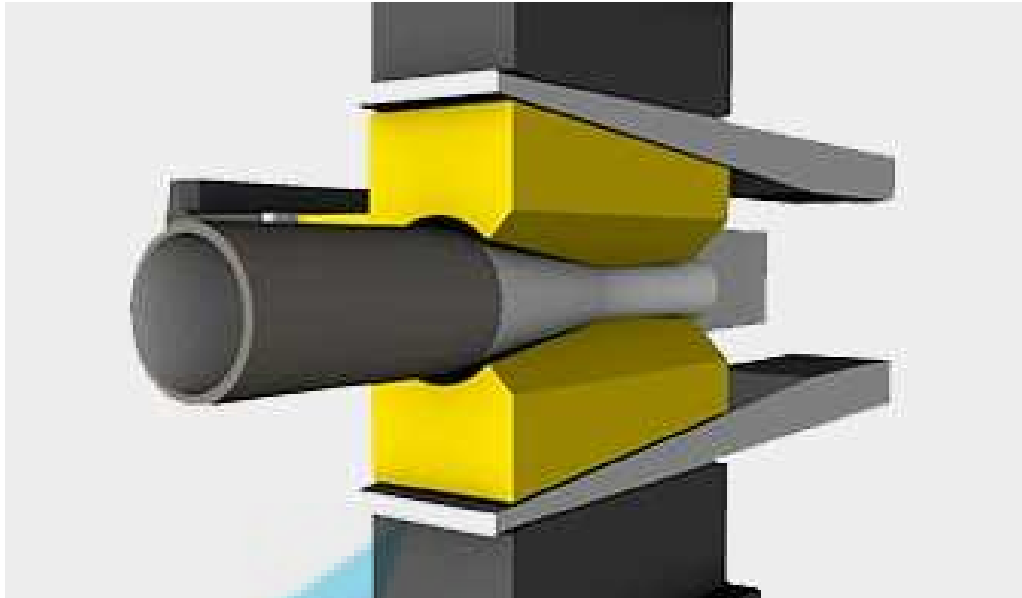
원기둥 재료의 일부를 상하로 압축하여 볼트, 리벳등과 같이 부품의 머리를 만드는 일종의 업세팅 가공이나 소형의 업세팅가공을 주로 헤딩이라 칭한다.

HEADING OPERATION FOR THE PRODUCTION OF A BOLT, IMPRESSION IN THE DIE



1.3.5. 스웨이징(swaging)

단조 작업의 일종. 재료를 길이 방향으로 압축하여 그 일부 또는 전체의 단면을 크게 하는 작업.



1.4. 성형가공(成形加工, fabrication)

재료의 판두께를 고의로 축소시키지 않으며, 금형의 상하형틀 사이에 넣고 압력을 가해 원하는 형상으로 만드는 가공법으로 재료 변형이 작은 그룹에 한정된다.

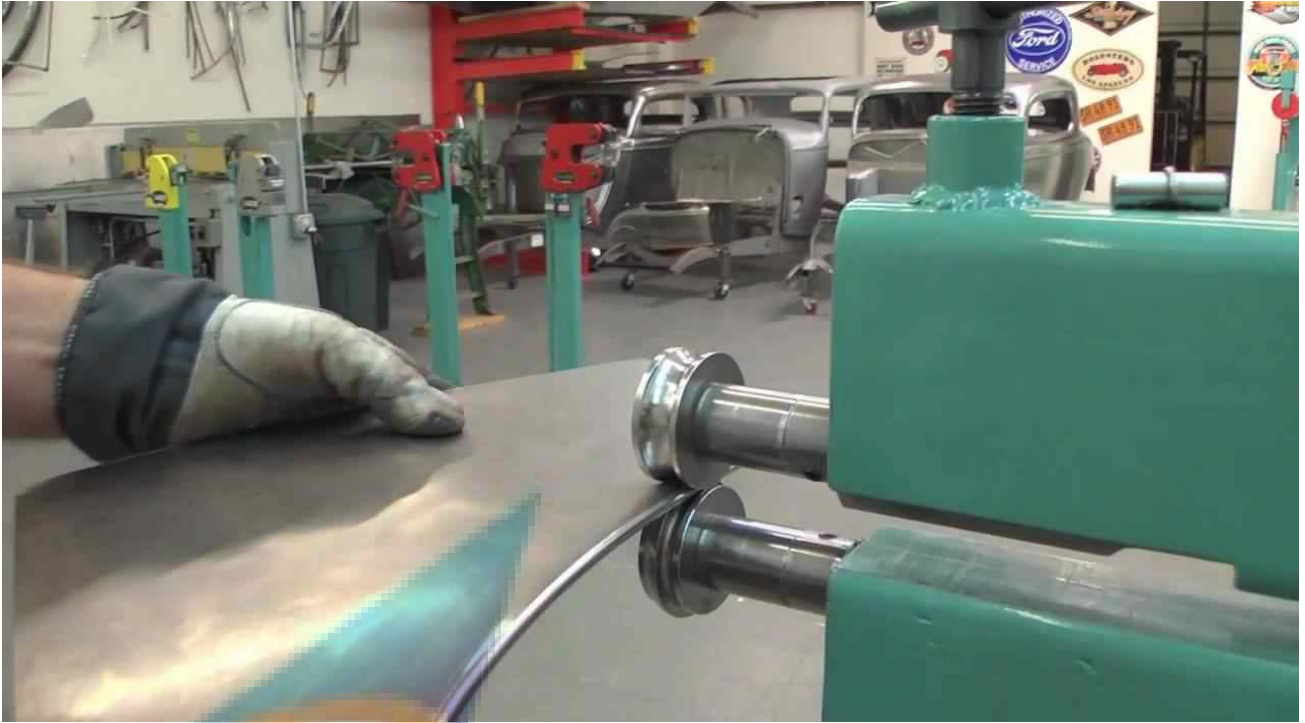
1.4.1. 엠보싱(embossing)

재료의 판두께 변화는 일으키지 않으면서 국부적으로 돌기 형상의 소성 변형을 시켜 제품의 강성을 증가시키는 작업.스탬핑(stamping)의 일종. 요철(凹凸)이 서로 반대로 되어 있는 상하 한 쌍의 다이(die)로 얇은 판금(板金)에 여러 가지 모양의 형상을 찍어내는 가공법으로서 판금에 문양, 문자, 보강 리브 등을 부각할 때 사용한다.



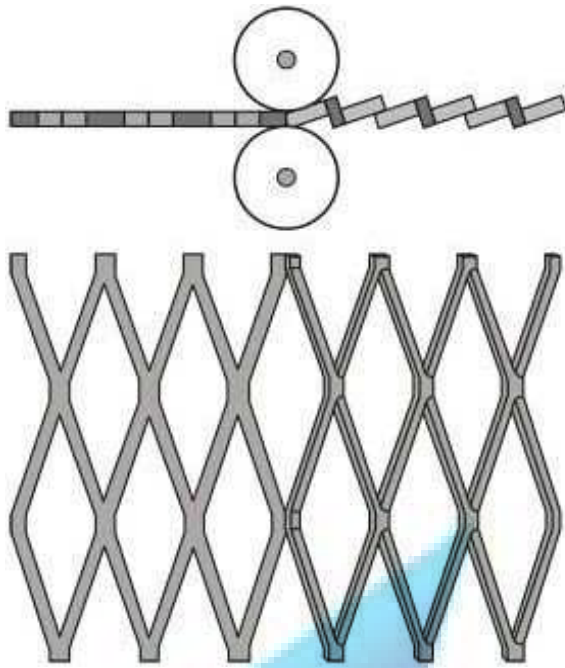
1.4.2. 비딩(Beading)

엠보싱과 마찬가지로 제품의 강성을 증가시키기 위한 것으로 편편한 판금 또는 성형된 판금에 줄모양의 돌기(突起; bead)를 넣은 가공법. 평판에 오픈 비딩을 연속적으로 넣으면 파형 성형이 된다.



1.4.3. 익스팬딩(expanding)

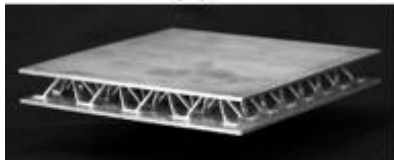
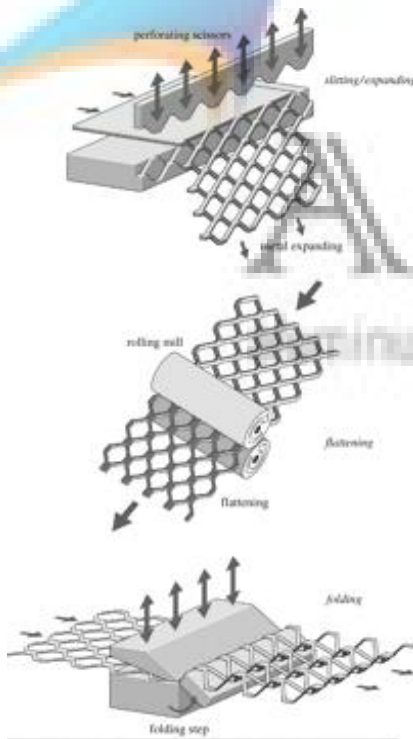
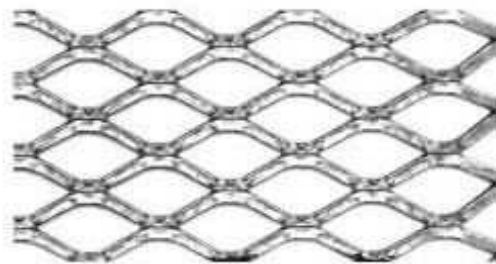
단조(段造)에서 재료에 셋해머를 대고 타격을 가하면서 전체 면적을 넓히는 작업.



Raised Expanded Metal

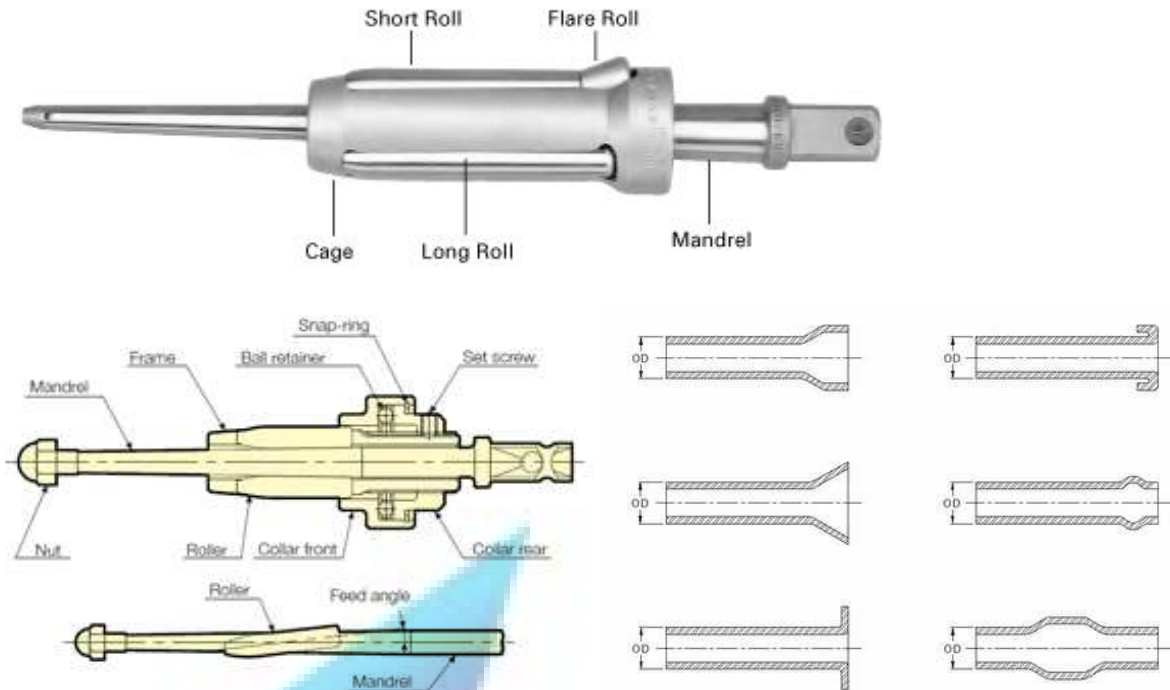


Flattened Expanded Metal



1.4.4. 확관 (擴管, tube expanding)

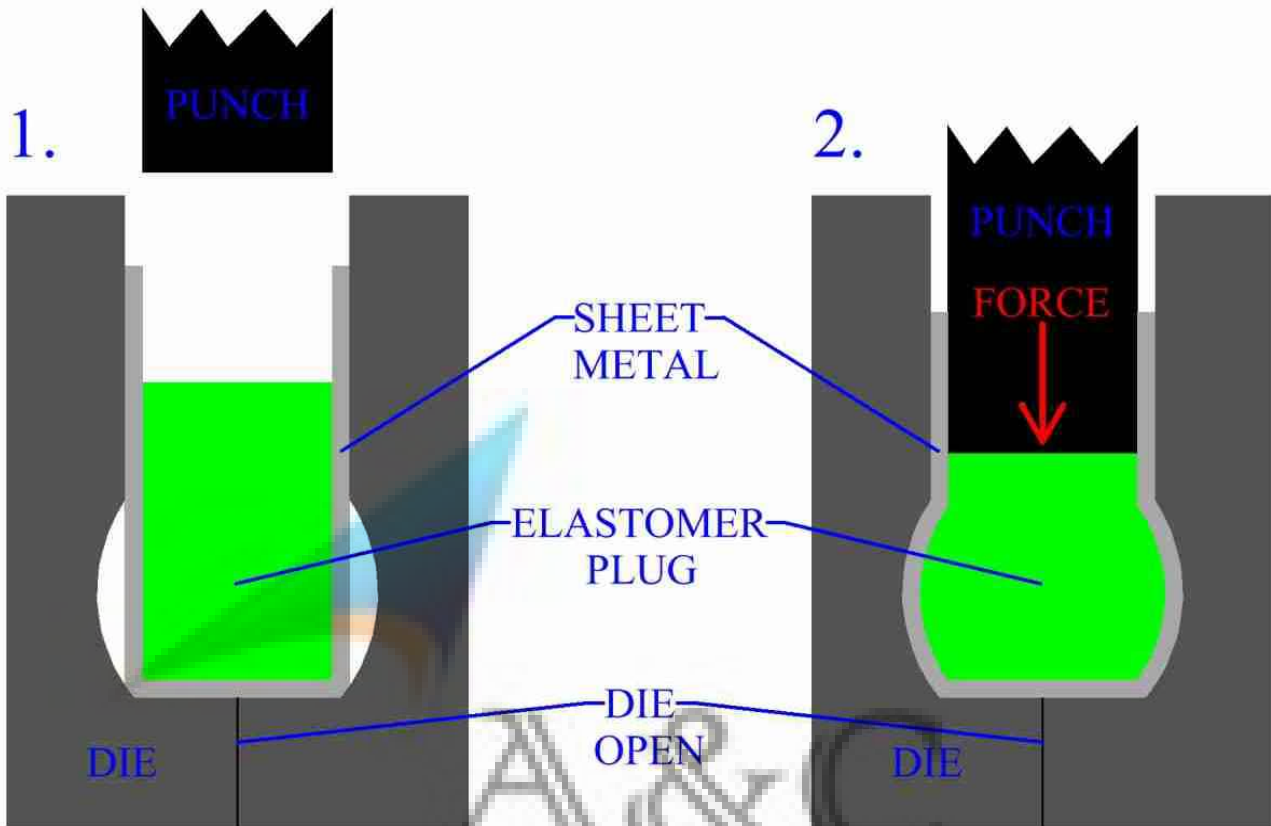
원통의 단부 내경을 확대시키는 가공



1.4.5. 튜브벌징(tube bulging)

원통형 부품의 내부에 고무 또는 유체를 이용하여 직경을 팽창시키는 가공

TUBE BULGING



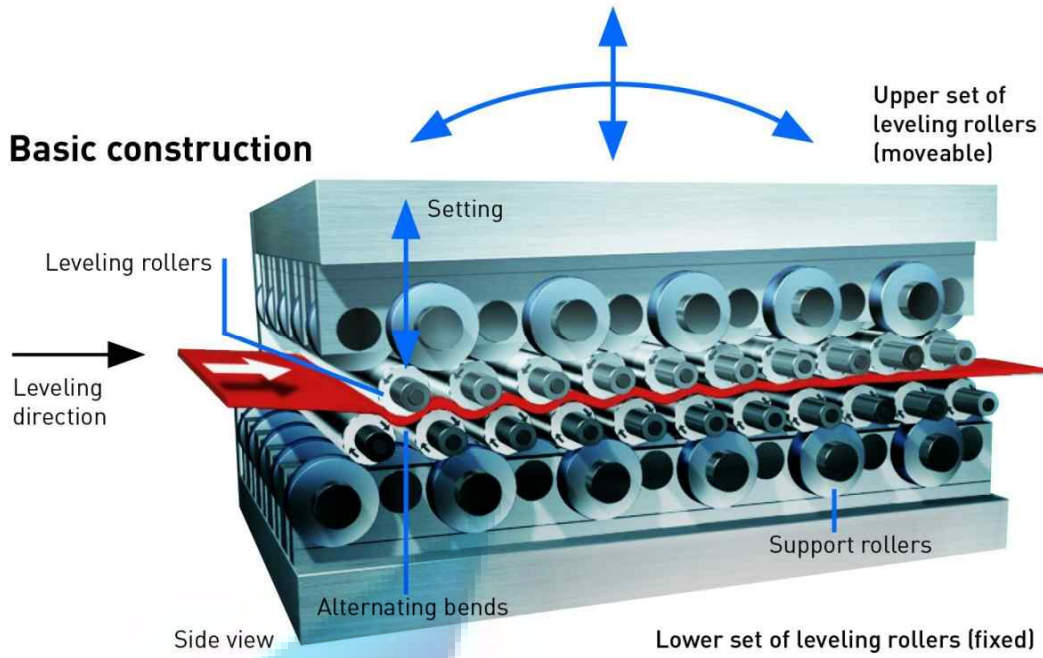
1.4.6. 튜브네킹(tube necking)

원통의 부품의 직경을 감소시키는 가공



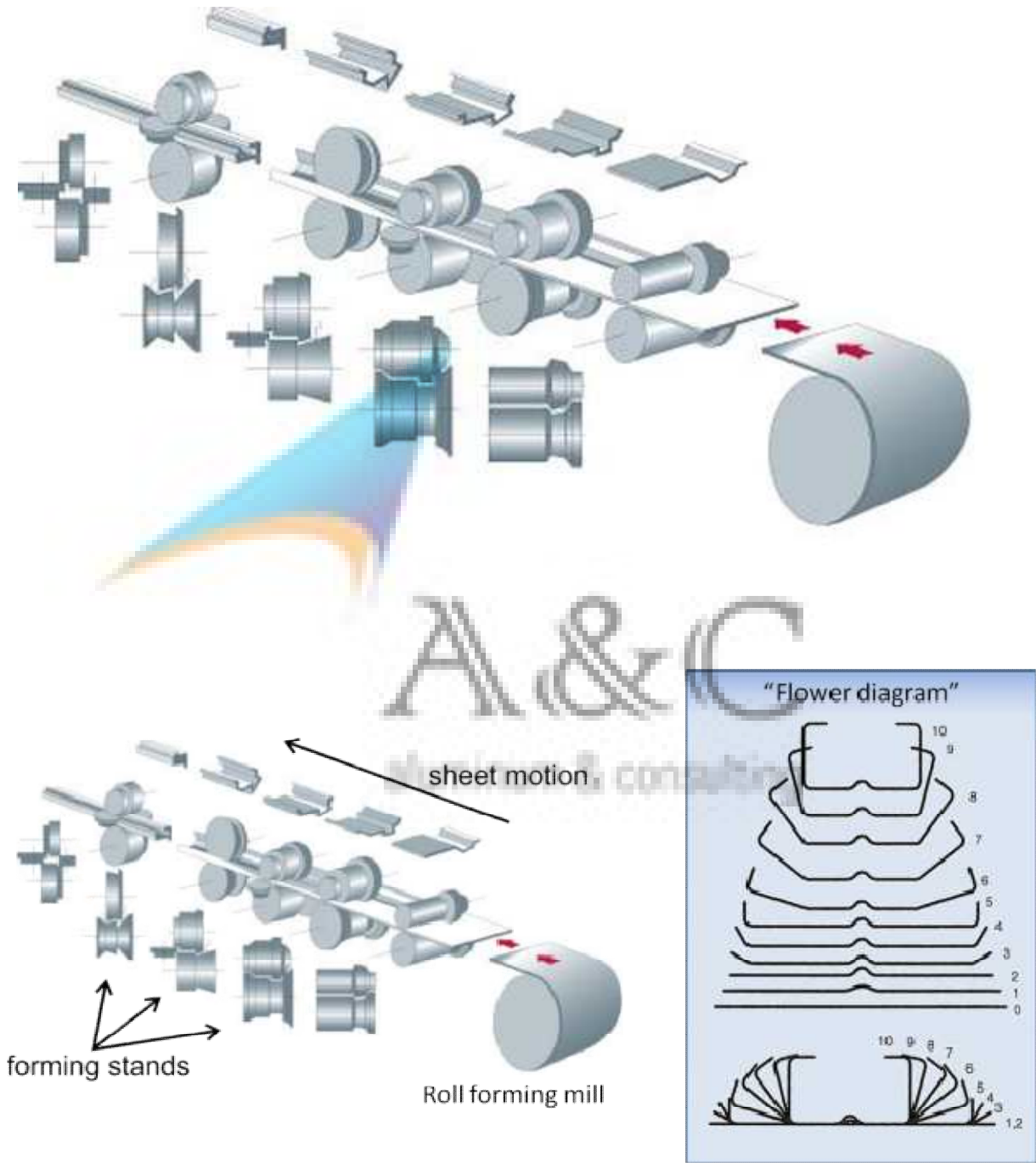
1.4.7.플래트닝(Flattening,leveling)

소재의 표면을 평평하게 하는 작업으로 스트레이트닝(Straightening) ,roller leveling이라고 함.



1.4.8. 롤포밍(roll forming)

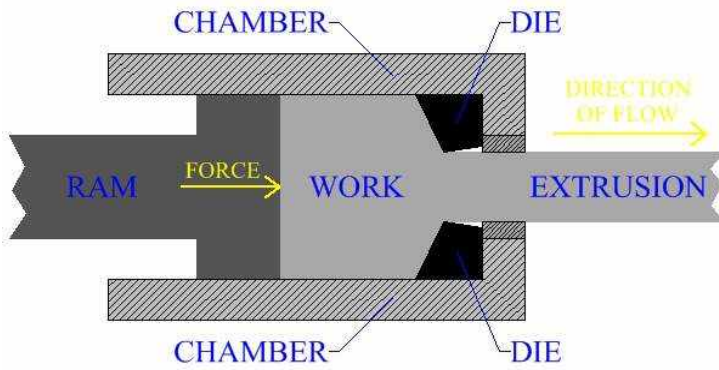
일렬로 배치된 여러쌍의 롤 사이로 판재를 통과시켜 성형하는 방법이다. 이때 롤은 각 단계에서 상이한 각도로 배치되어 있으며 소재는 각 롤을 통과하면서 점차 부품의 형상으로 변형된다. 공정특성상 단순한 단면을 가진 긴 부품의 제조에 많이 사용된다. 건축용 틀, 레일류 등 제조에 활용된다. 특히 알루미늄 압출로 구현되기 어려운 얇은 건축재로 널리 사용되어 사랑 받는 공법이기도 하다.



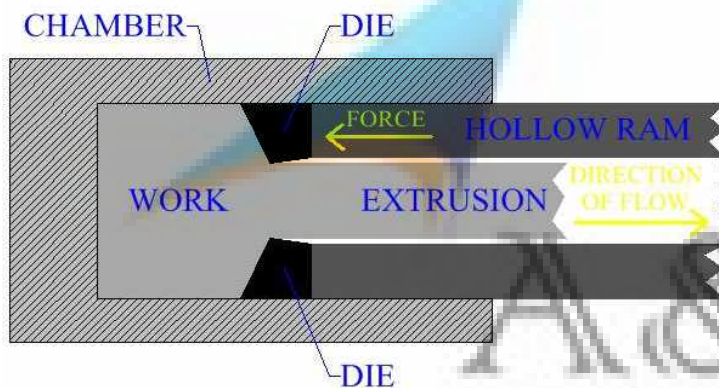
1.4.9. 압출(押出,extrusion)

다이속에 재료를 넣고 펀치로 재료를 압축하면 다이의 구멍(전방 압출)또는 펀치와 다이의 틈새(후방 압출)로 재료가 유동하여 원하는 형상을 만는 가공

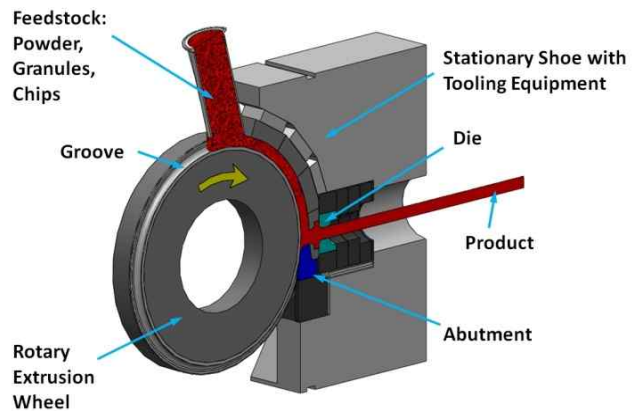
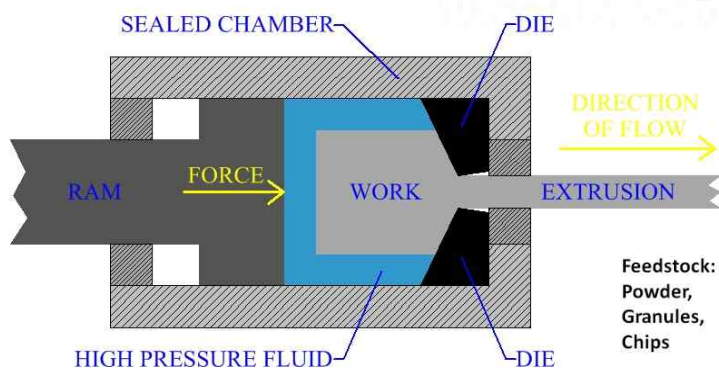
DIRECT EXTRUSION



INDIRECT EXTRUSION



HYDROSTATIC EXTRUSION

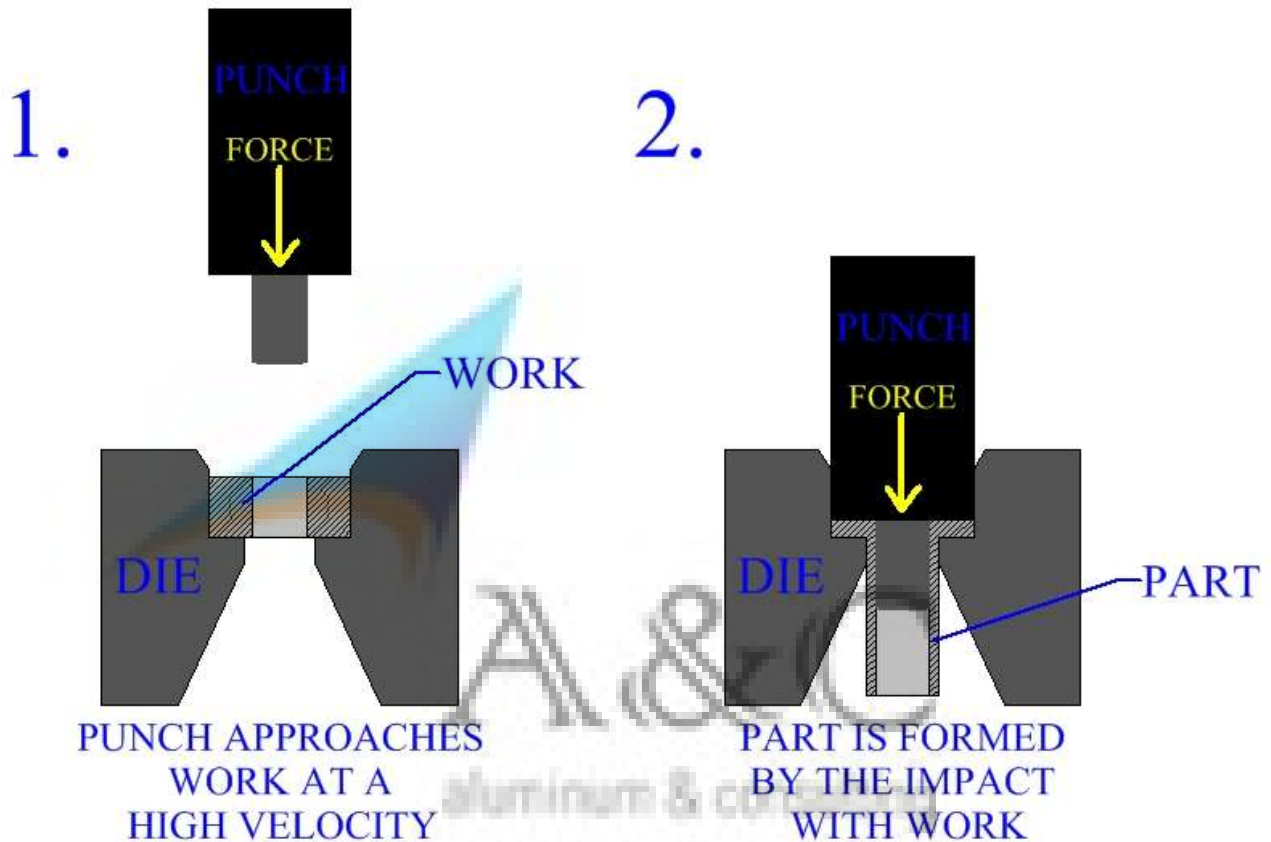


© Neue Materialien Fürth GmbH

1.4.10. 충격압출(擊押出, Impact Extrusion)

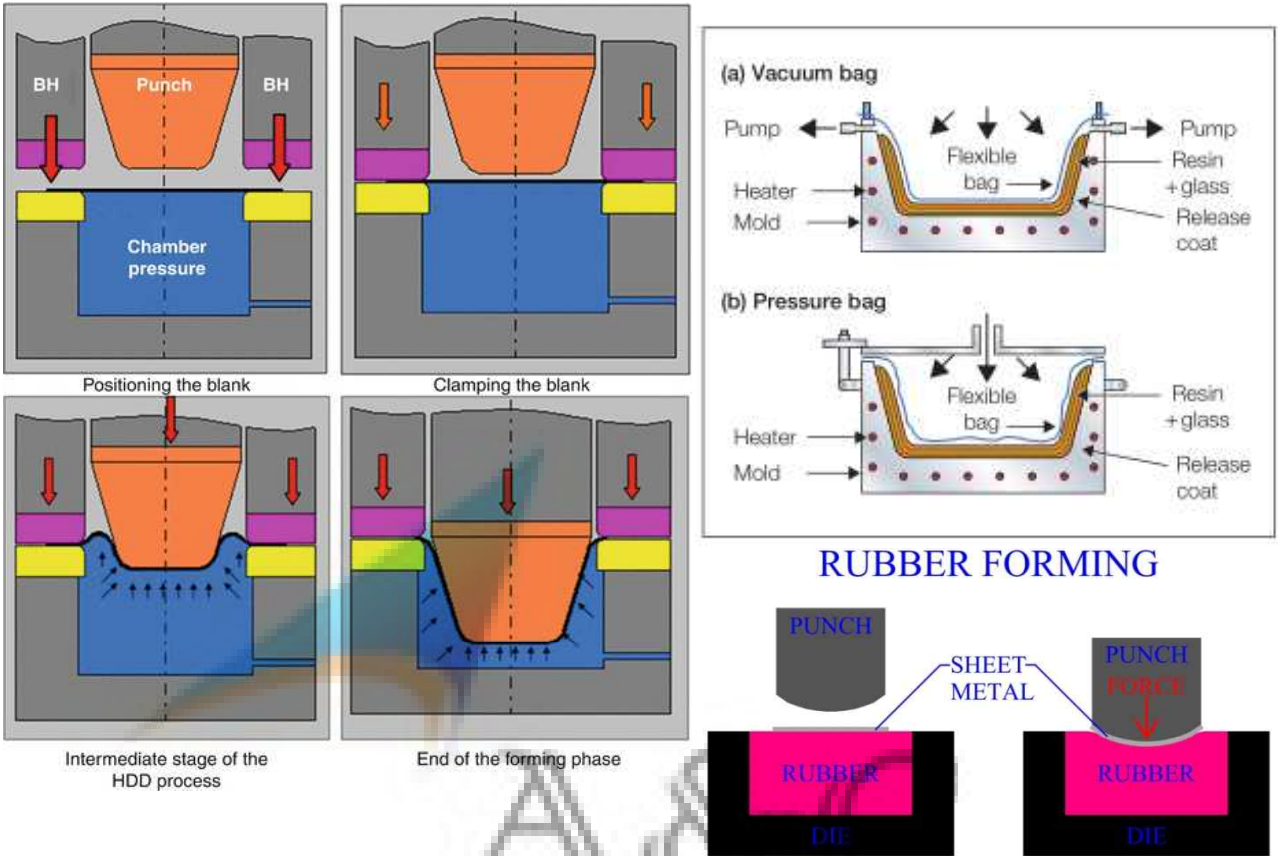
치약 튜브와 같은 얇은 벽의 깊은 용기를 만들 때 적용 되는 일종의 후방 압출 가공을 말한다. 다이에 경금속을 넣고 펀치가 고속으로 하강하면 재료는 그 충격으로 연신 되면서 성형됨.

FORWARD IMPACT EXTRUSION



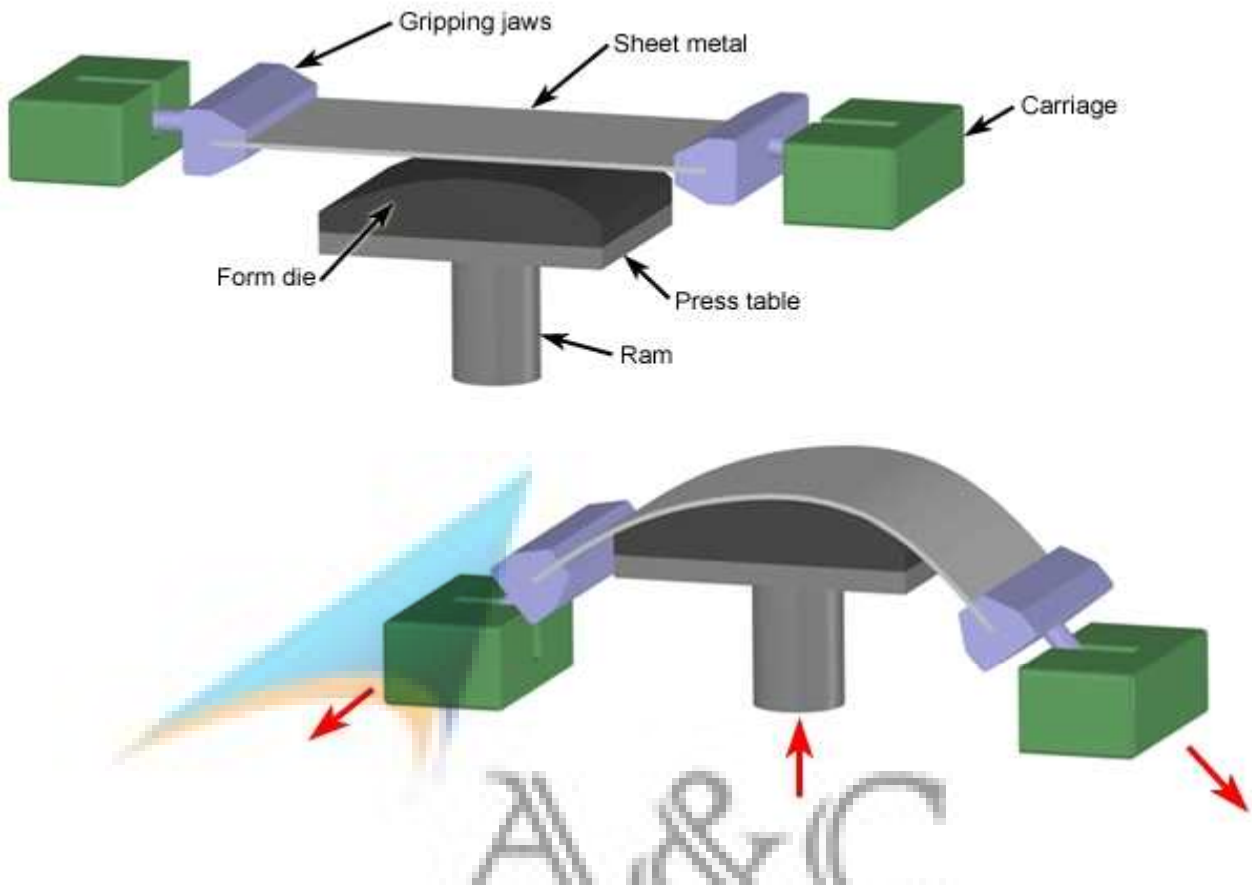
1.4.11. 유압성형(油壓成形,hydroforming)

다이에 고무막(膜)과 액압(液壓)을 이용하여 행하는 판금 가공으로, 드로잉 가공의 일종이다.종류로는액압벌지성형법(hydrostatic bulge forming ,SAAB법),하이드로폼,마폼(marforming),폼 올 프로세스(form all process),백몰딩(bag molding),고무 성형법(rubber forming)등이 있다



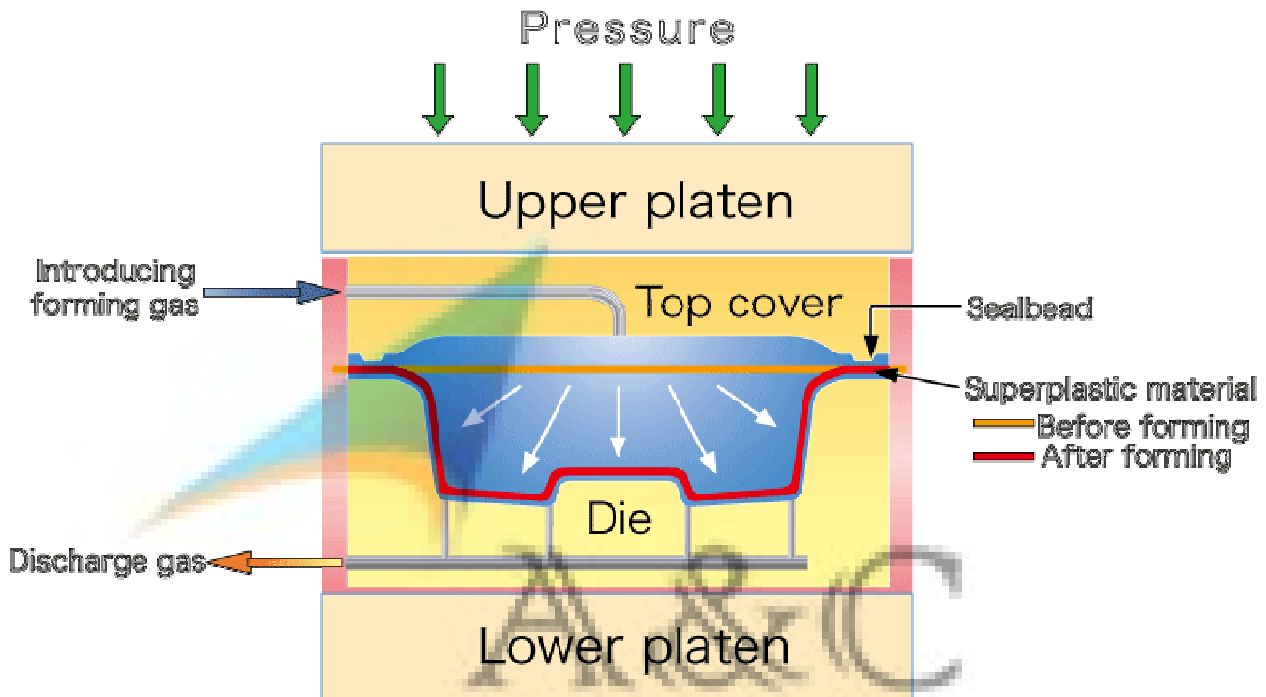
1.4.12. 인장성형(引張成形, stretch forming)

기계 판금 가공의 특수한 것으로서 판금면(板金面)을 따라서 인장력을 가하여 성형하는 방법을 말한다. 종류로는 인장굽힘성형, 인장코일링성형, 회전강압성형, 회전인장강압성형법 등이 있다



1.4.13. 초소성성형(超塑性成形,superplasticity forming)

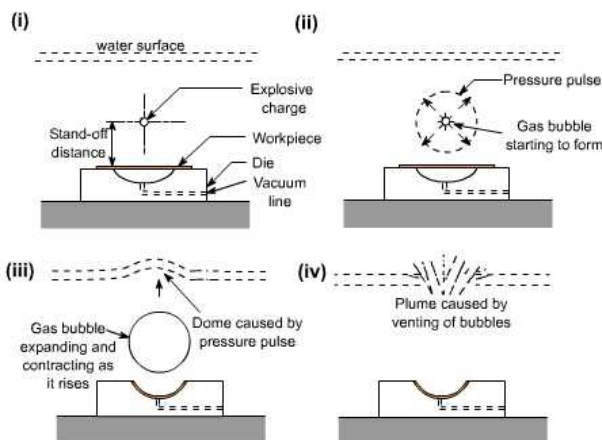
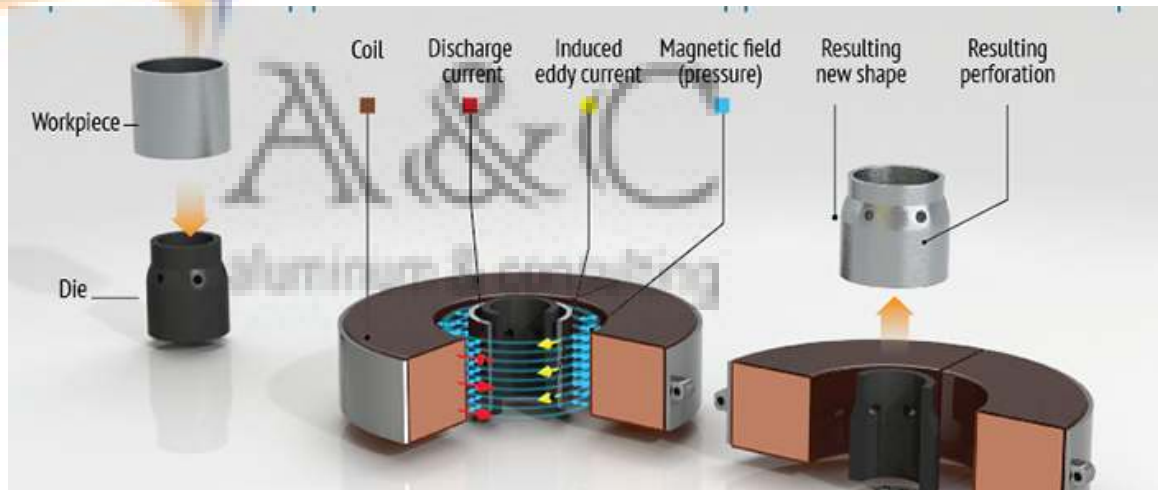
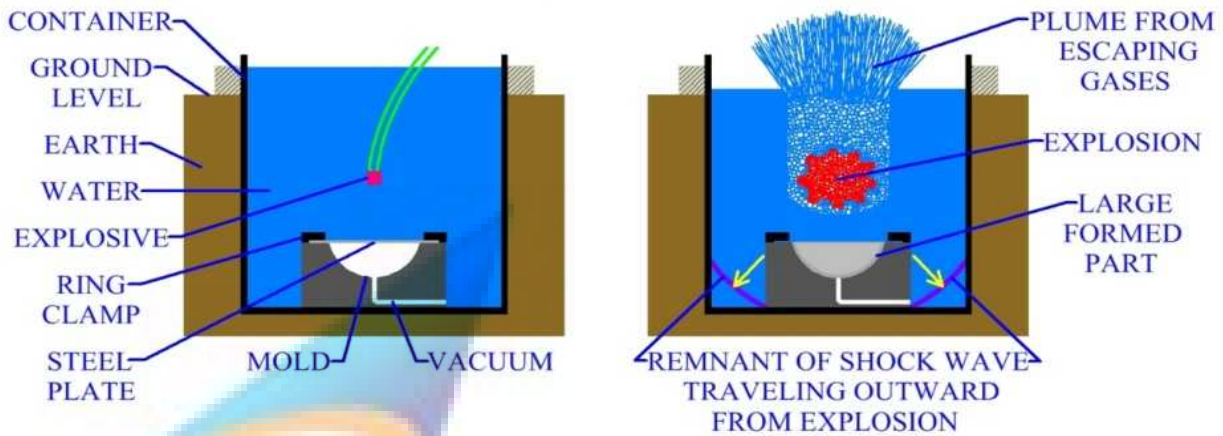
얇은 금속 제품을 고온의 성형틀에 넣은 후 열과 압력을 가해 접합하는 방식.고온에서 매우 느린 속도로 변형시킬때 큰 폭으로 증가하는 성형성을 이용하는 성형법으로서 냉간 성형성이 나쁜 티타늄 합금,알루미늄 합금의 가공에 활용된다.티타늄합금의 경우 가열온도는 900도,알루미늄 합금의 경우 400-500도 수준이다.본 기술은 최근 항공우주부품,자동차부품등에 적극활용되고 있으며 복잡한 형상의 성형이 가능하므로 부품의 수를 줄이고 일체화시켜 경량화를 이룰수 있다.가공속도가 매우 느리고 펀치를 직접사용하기 보다는 고온의 가스압으로 판재를 서서히 금형벽으로 밀착시켜 가공하는것이 유리하다.



1.4.14. 폭발성형(爆發成形, explosion forming)

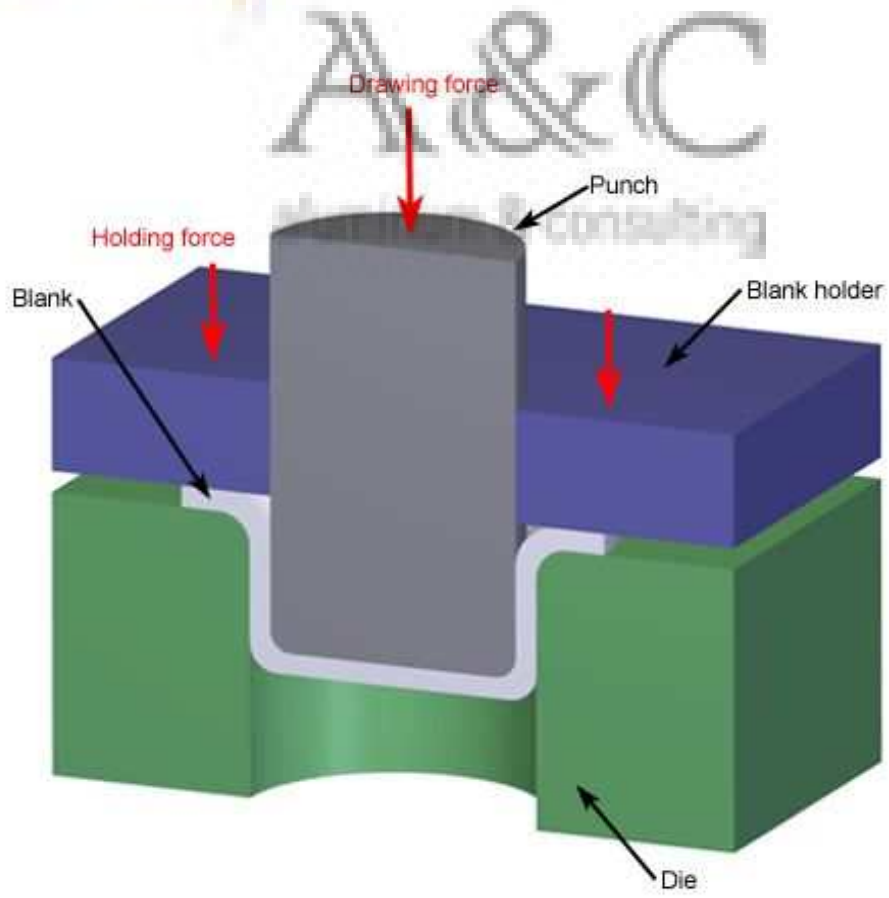
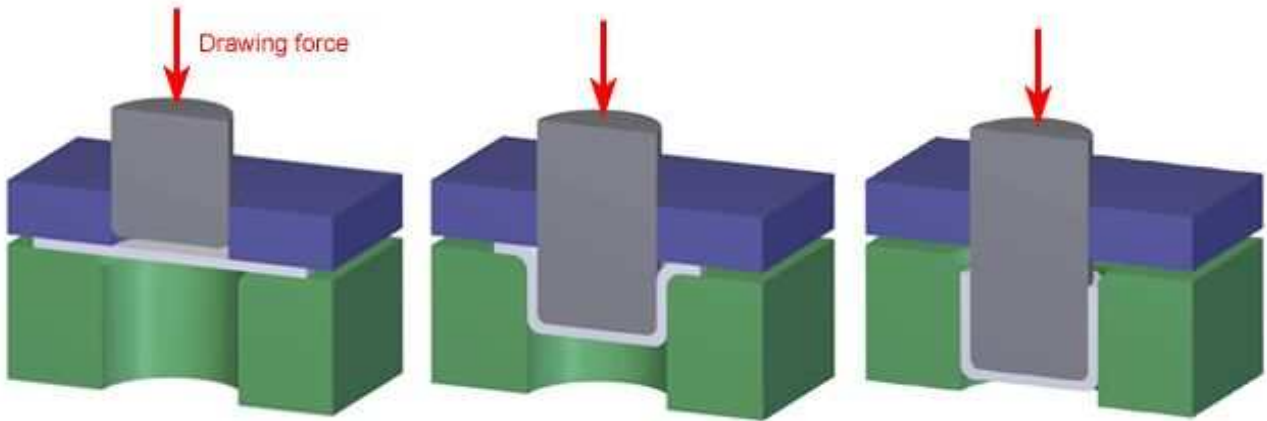
폭발 가공법의 하나로 폭발 에너지를 이용해서 금속을 성형하는 방법. 티탄, 스테인리스강 등의 가공이 곤란한 금속 재료의 성형에도 이용할 수 있어서 1950년경부터 급속히 발달되어 왔다. 적당한 고속도를 주어 변형시키면 금속 재료 자체가 대단히 연성(延性)을 나타내, 잘 성형할 수 있는 점을 이용한 것이다. 그림과 같은 거푸집 속에 성형하고자 하는 금속판을 넣고, 보통의 경우에는 매질로서 물을 넣는다. 그 속에서 폭약을 폭발시키면 폭발 에너지는 모든 방향으로 작용하기 때문에, 복잡한 형상의 성형이라도 한번에 가능하다는 점이 장점이며, 또 큰 프레스 설비를 필요로 하지 않고, 거푸집이 한쪽 다이스만으로도 괜찮다는 이점이 있다.(electro hydraulic and magnetic-pulse forming, superplastic forming, honeycomb structures)

EXPLOSIVE FORMING



1.4.15. 드로잉(drawing)

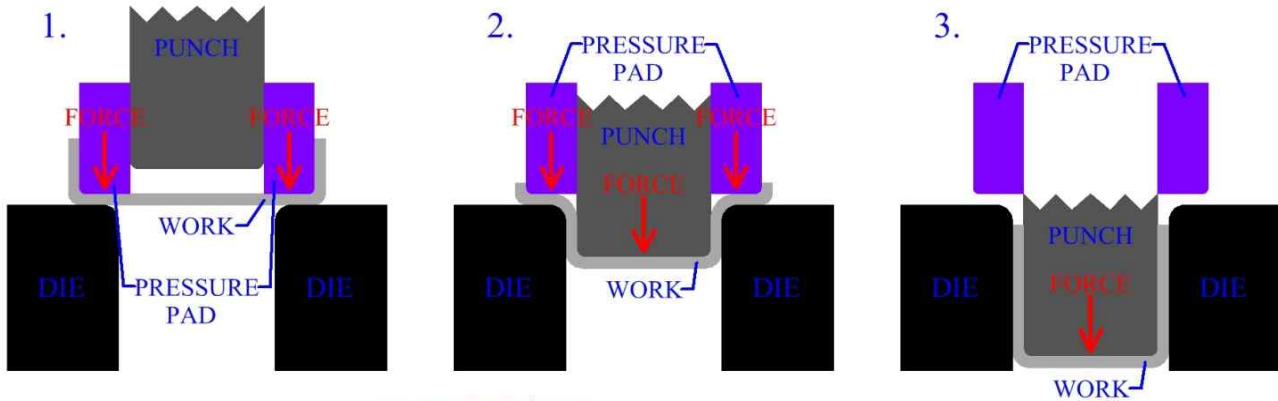
평판소재를 펀치가 다이속으로 유입 시키면서 펀치모양의 용기를 성형하는 가공으로 깊이가 깊을 때 특히 딥드로잉이라 함.



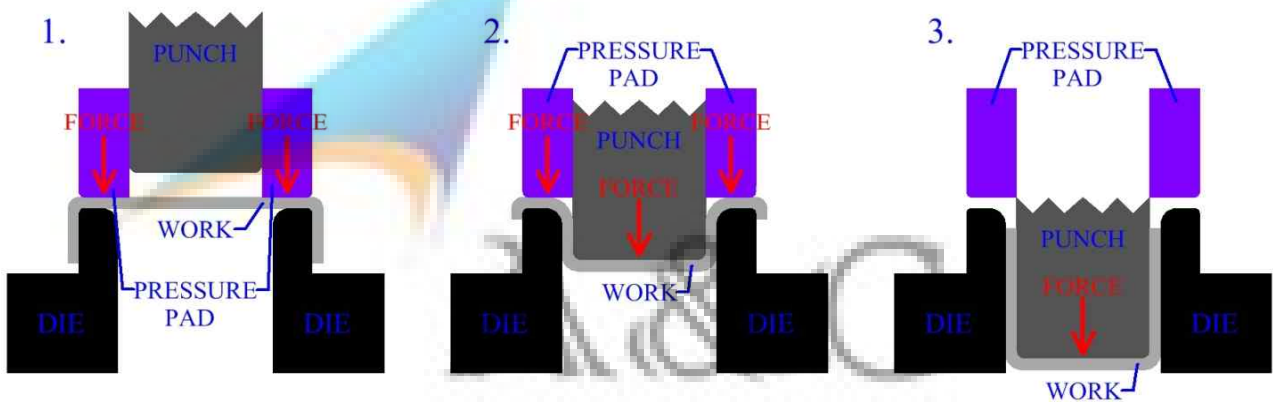
1.4.16. 재드로잉(redrawing)

1차 드로잉 된 용기의 직경을 감소 시키면서 다시 한번 드로잉하면서 제품 깊이를 증가시키는 가공.

REDRAWING OF SHEET METAL



REVERSE REDRAWING OF SHEET METAL

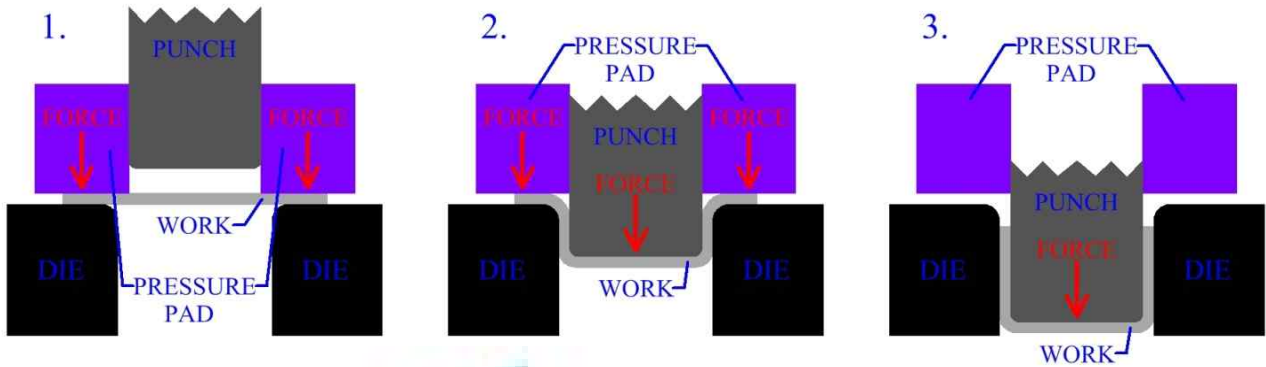


aluminum & consulting

1.4.17. 딥드로잉(deep drawing)

이음매가 없는 넓고 깊은 그릇 모양 또는 통 모양의 제품을 철·금속판에서 다이와 펀치로 성형하는 가공방법. 냄비·접시·단지·도시락 등의 가정 기구를 위시하여, 전기 부품 등의 소형 공업부품, 자동차의 차체나 항공기의 몸체 등 대형 부분품에 이르기까지 널리 이용되고 있다.

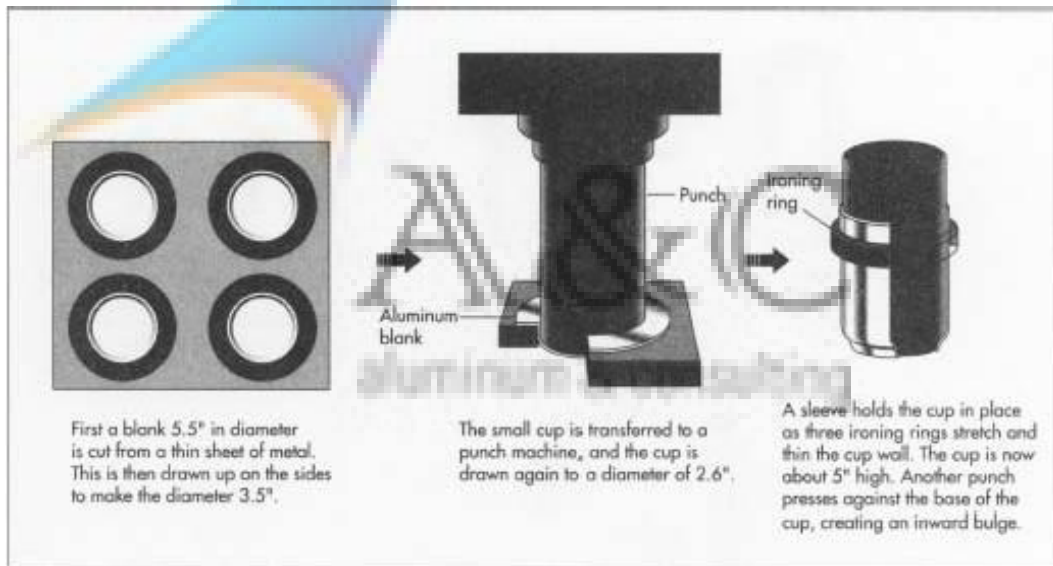
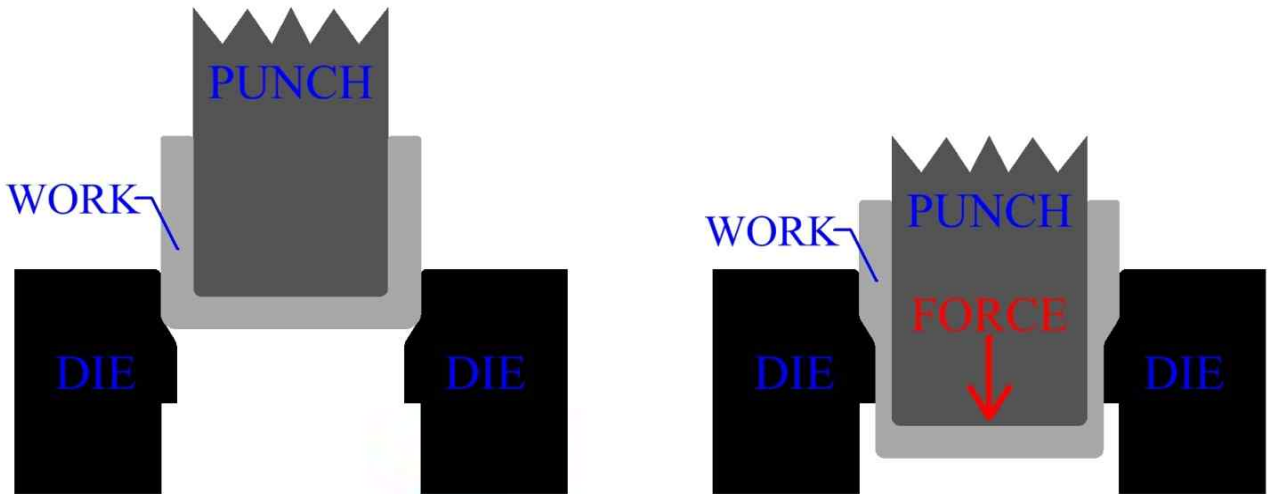
DEEP DRAWING OF SHEET METAL



1.4.18. 아이어닝(ironing)

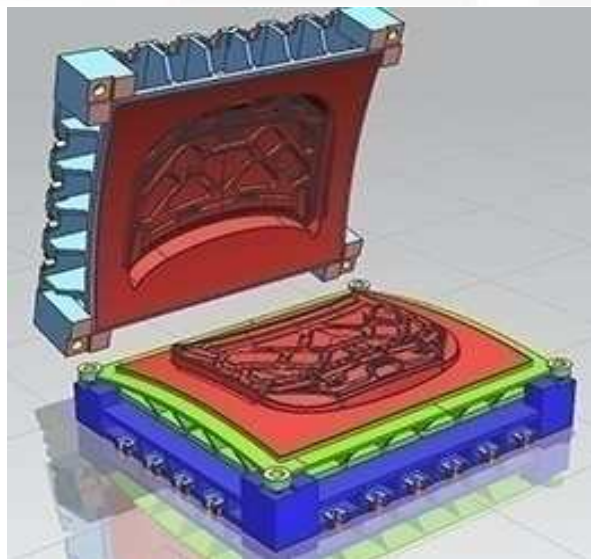
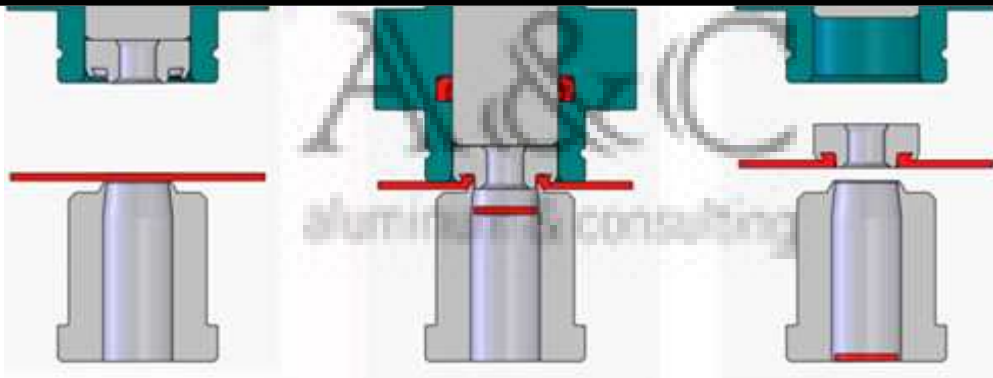
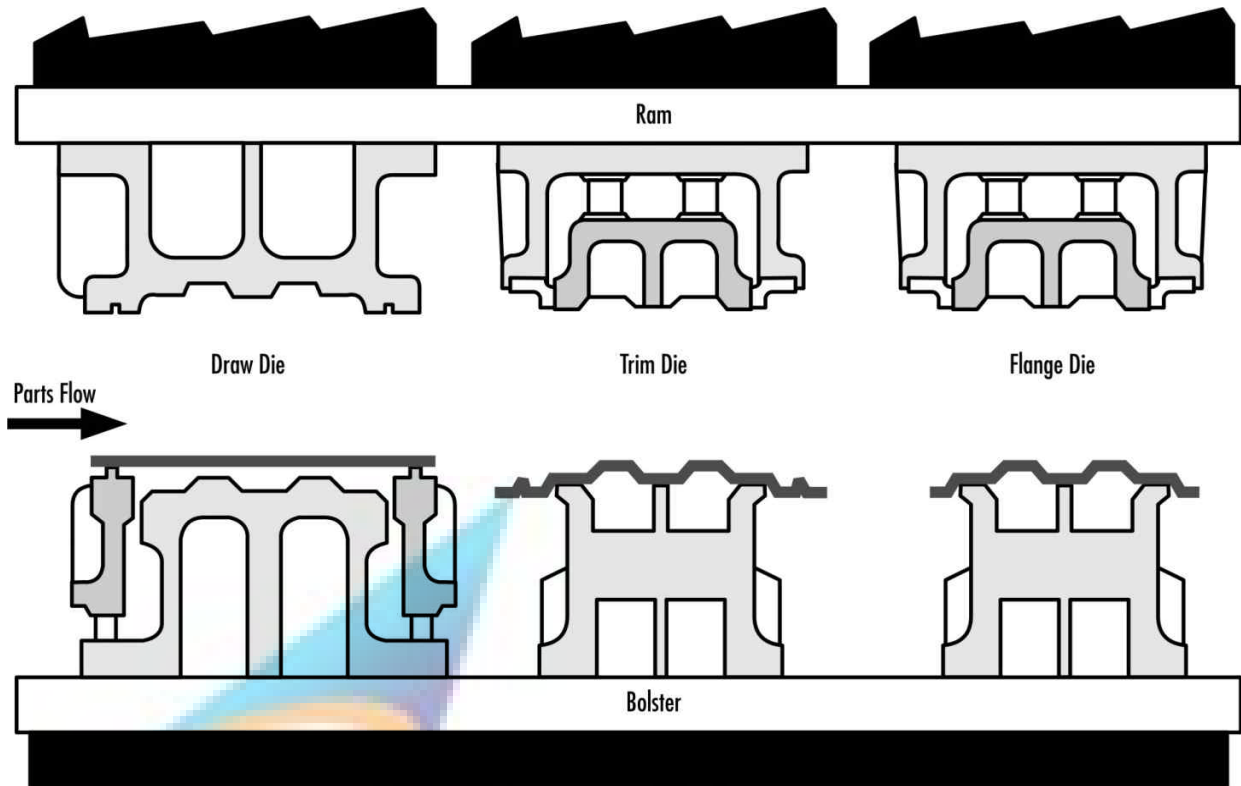
제품의 측벽 두께를 얇게 하면서 제품의 높이를 높게 하는 훅기 가공을 말함.

IRONING



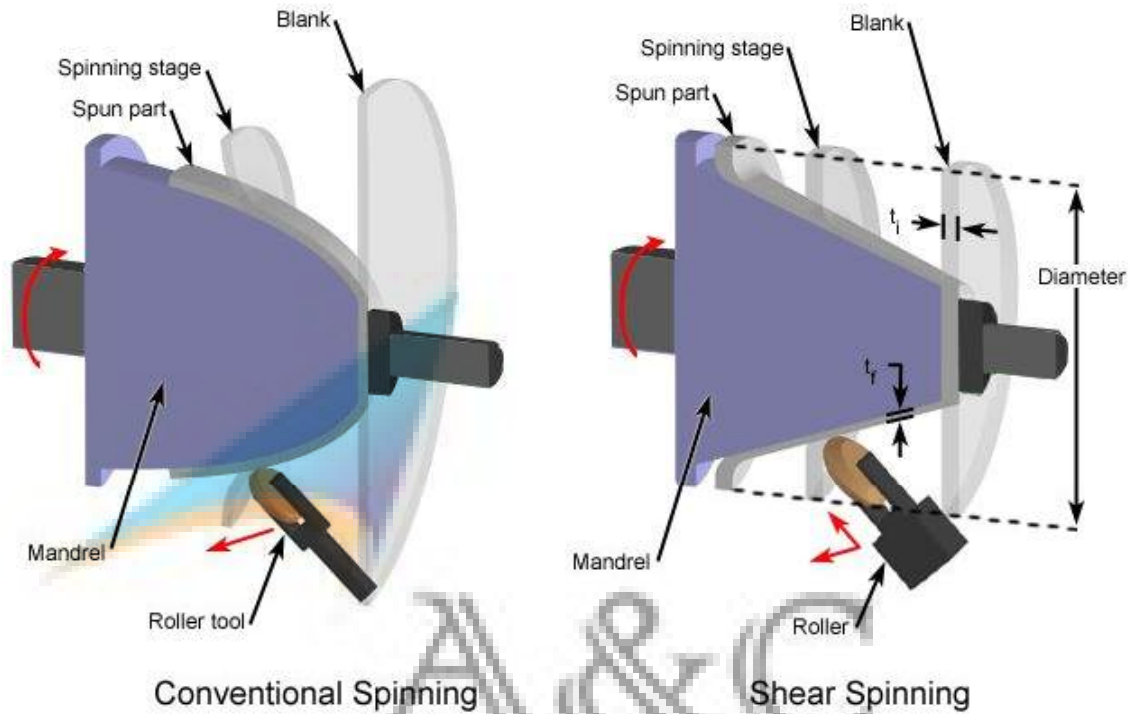
1.4.19. 스탬핑(stamping)

요철(凹凸)이 가공된 상형과 하형 사이에 판금을 넣고 충격적인 압력을 가하여 판금 표면에 요철의 형상을 찍어내는 가공법.

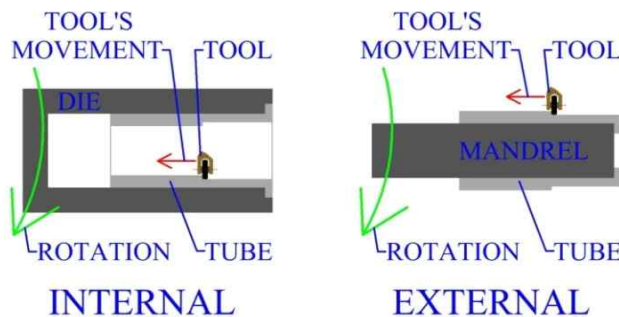


1.4.20. 스피닝(spinning)

스피닝 선반의 회전축에 형틀을 부착하여 원형의 소재를 누름쇠로 형틀에 밀고 회전시키면서 대 위에 설치된 봉 또는 롤러를 소재에 밀어붙임으로써 성형하는 회전 가공법의 한 가지이다. 스피닝 가공이라고도 한다. 소규모 설비로 커다란 제품을 가공할 수 있고, 입구가 오므라든 형상의 가공도 쉽게 할 수 있다는 등의 이점을 갖고 있지만, 프레스 가공에 비해서 생산 속도가 느리므로 생산 수가 적을 때 사용하는 경우가 많다. (searing spinning, tube spinning, incremental sheet-metal forming, flow forming)

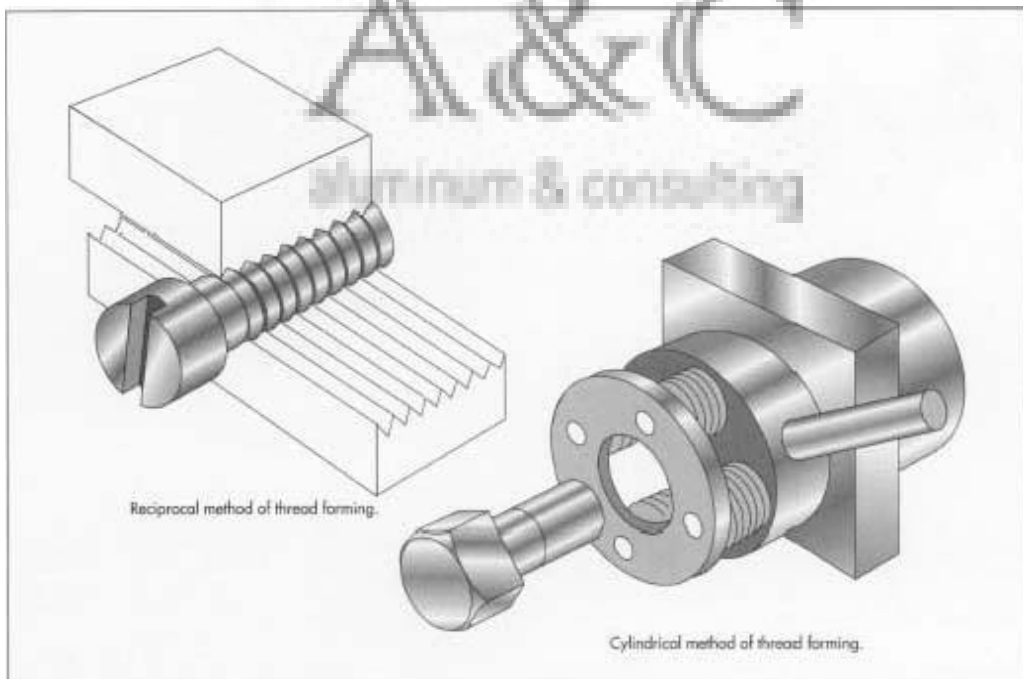
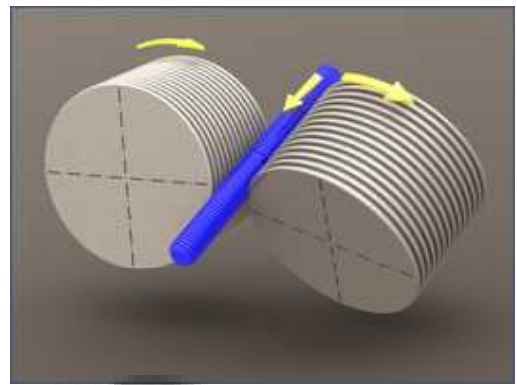
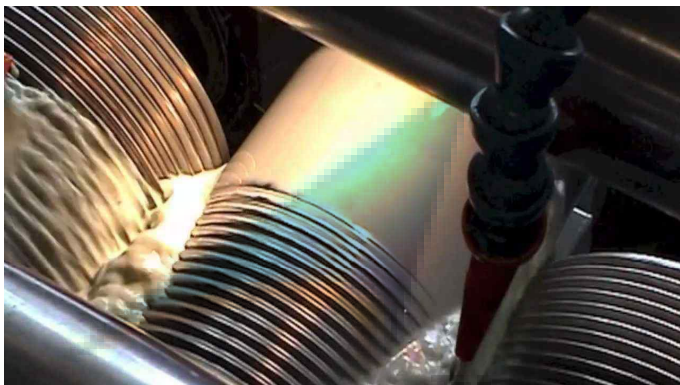


TUBE SPINNING



1.4.21. 전조 (轉造, form rolling)

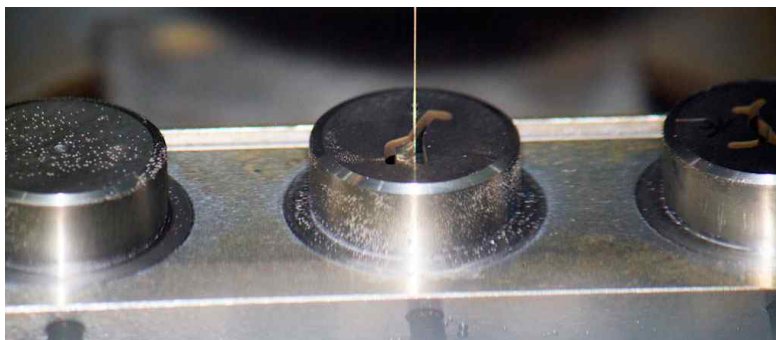
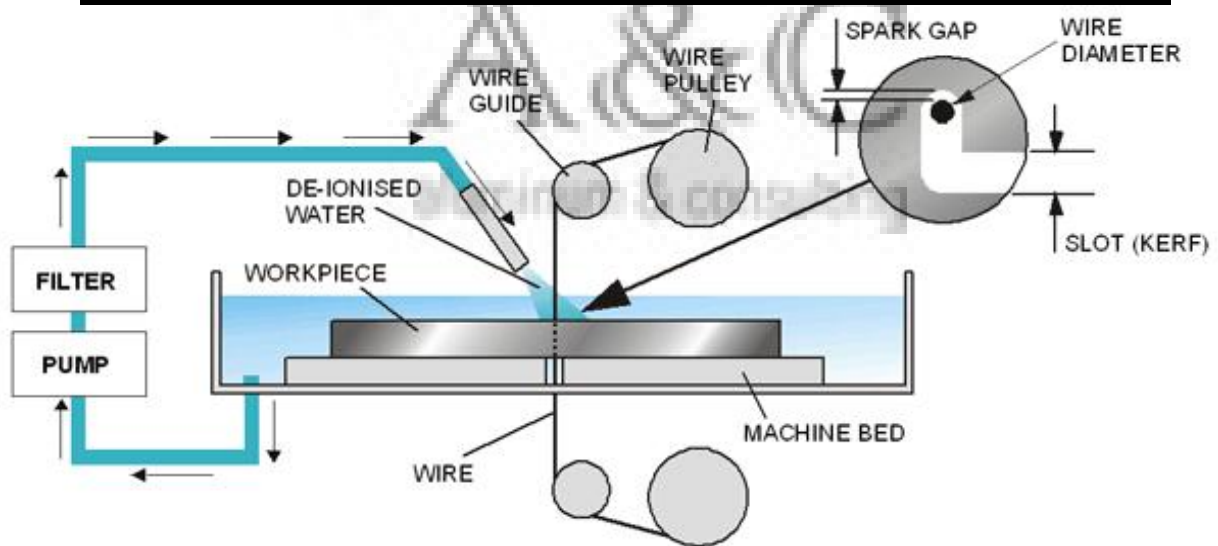
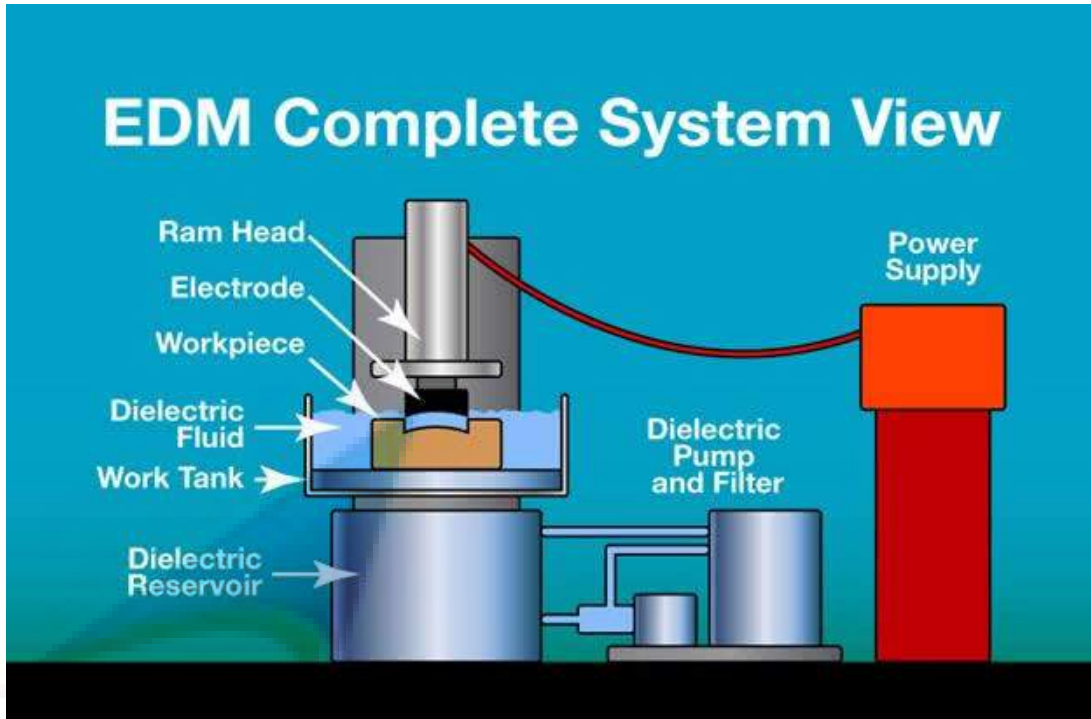
전조다이스 사이에 소재(素材)를 끼워 소성변형(塑性變形)시켜 원하는 모양으로 만드는 가공법으로 상온(常溫)에서 하며 나사나 기어를 만드는 데 이용되고 있다. 전조다이스는 금형강(金型鋼)·베어링 강·합금공구강 등으로 만들어지며, 나사 또는 기어의 모양으로 되어 있다. 상온(常溫)에서 하며 나사나 기어를 만드는데 이용되고 있다. 나사의 모양을 판상(板狀)으로 만든 평판형 다이스는 1쌍의 다이스 사이에 소재를 끼우고 압력을 가하면서 다이스를 왕복운동시켜 나사산을 만든다. 나사의 모양이 둥근형으로 만들어진 원형 다이스는 2개의 원형 다이스를 회전시켜 그 사이에 소재를 끼우고 나 평판형 다이스를 왕복식, 원형 다이스를 회전식이라고 한다. 왕복식은 소형 나사의 대량생산에 사용되고, 회전식은 정밀한 나사를 만드는 데 이용된다. 왕복식·회전식 모두 절삭가공에 의한 나사 제작에 비해 가공시간이 매우 단축되는 장점이 있으며, 전조나사가 절삭나사보다 정밀도가 좋다. 체결(締結)에 사용되고 있는 나사는 대부분 전조로 제작되며, 나사전조용의 전조기도 많이 제조되고 있다. 또 기어의 전조에는 래크(rack)형과 피니언(pinion)형이 있다.



1.5. 특수가공(特殊加工, special machining)

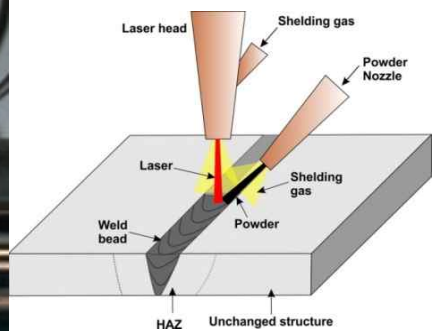
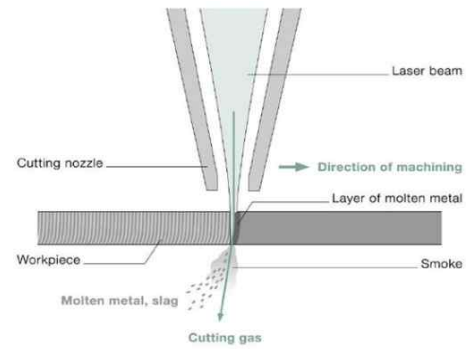
1.5.1. 방전(放電, Electric Discharge Machining-EDM)

등유 등의 절연성이 있는 가공액 중에서, 가공 전극과 공작물과의 사이에 단속적(斷續的)으로 방전시켜, 가공 전극과 같은 단면의 형상을 공작물에 전사, 가공하는 방법(형조방전, 슈퍼드릴(세혈 방전), 와이어방전)



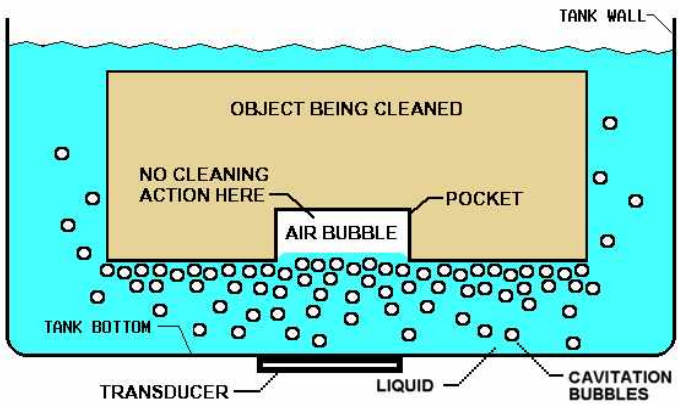
1.5.2. 레이저가공 (laser beam machining)

레이저라 불리어지는 특수한 빛을 가진 에너지를 열에너지로 변환시켜 공작물을 국부적으로 가열하여 미세한 가공을 행하는 방법.방전관으로부터 나온 빛은 레이저 재료에 집적되고 레이저 재료가 증폭기의 역할을 하며 반사경에 의해서 출력의 일부가 입력측에 되돌아오고 출력이 증대되어 레이저로 된다. 이 레이저를 집광렌즈에 의해 한 점으로 모아 공작물에 비춘다. 레이저 가공은 레이저에 의해서 공작물을 국부적으로 가열해서 용융시키거나 발광시키는 것이 가능하다.공작물에 접촉하지 않는 가공이기 때문에 시계의 베어링 구멍 등과 같은 정밀한 가공이나 다이아몬드·세라믹류 등의 비금속 재료의 정밀한 구멍내기나 절단 등에 이용된다.(cutting,marking,welding)

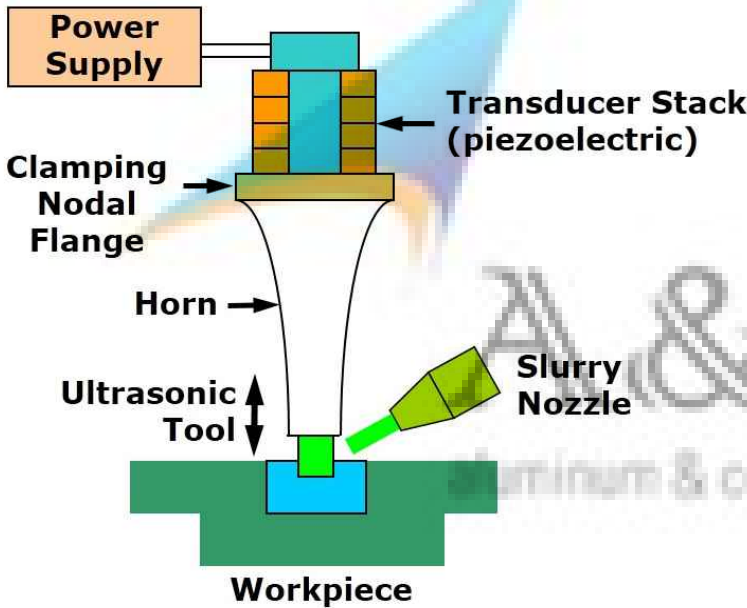


1.5.3. 초음파가공(ultrasonics machining)

공구와 공작물 사이에, 슛돌립과 물 또는 기름의 혼합액을 넣고 공구에 초음파 진동을 주어 공작물의 구멍뚫기, 연삭, 절단, 용접 등을 행하는 가공법.

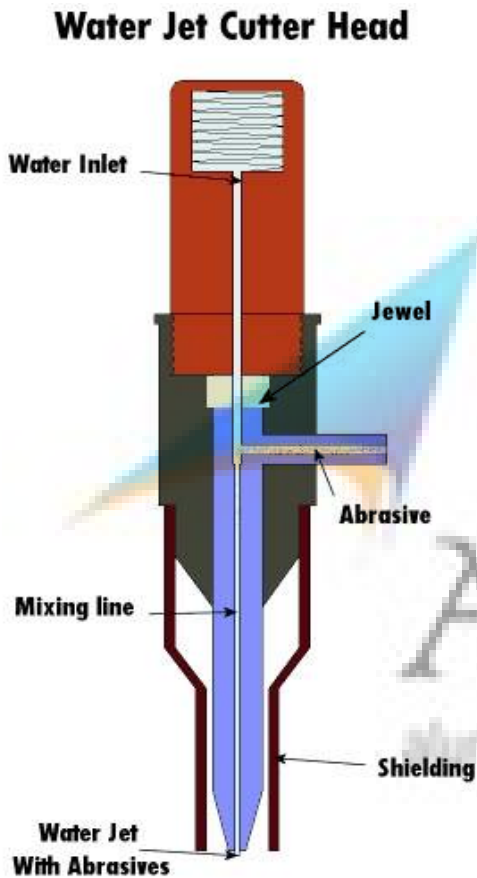


ULTRASONIC POCKETING S. BERLINER, III 04 Mar 2010



1.5.4. 워터젯(water jet cutting)

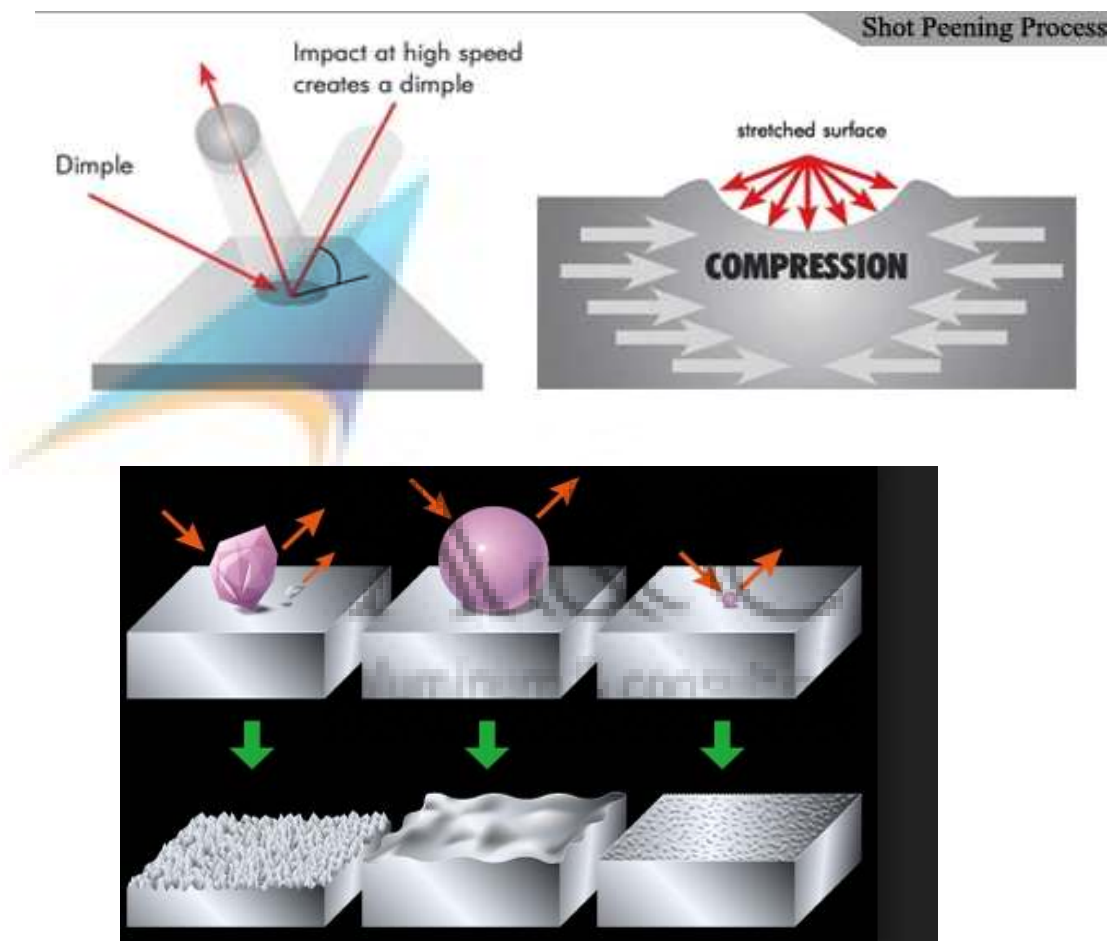
물을 초고압(3000~4000기압)으로 가공하여 그 분류(噴流)가 갖는 에너지를 이용하여 절단 가공을 하는 방법(아퀴제트법)과 초고압(3000~4000기압)으로 가압한 물에 고체 연마재(규사)를 첨가하여 분류의 에너지와 고체입자의 절삭성을 이용하여 절단하는 방법(어브레시브 제트법)이 있다. 전자는 연질의 재료, 후자는 경질재 특히 철근 콘크리트, FRP, FRM 등 복합 재료의 절단에 적합하다. 이 가공법은 재료의 에로존 손상을 역용한 것이다. 이 가공법에는 가열이나 분진의 발생이 없고 임의점에서의 절단할 수 있고, 가공 후의 변형이 없는 등의 특징이 있다.



1.5.5. 슷피닝(shot peening)

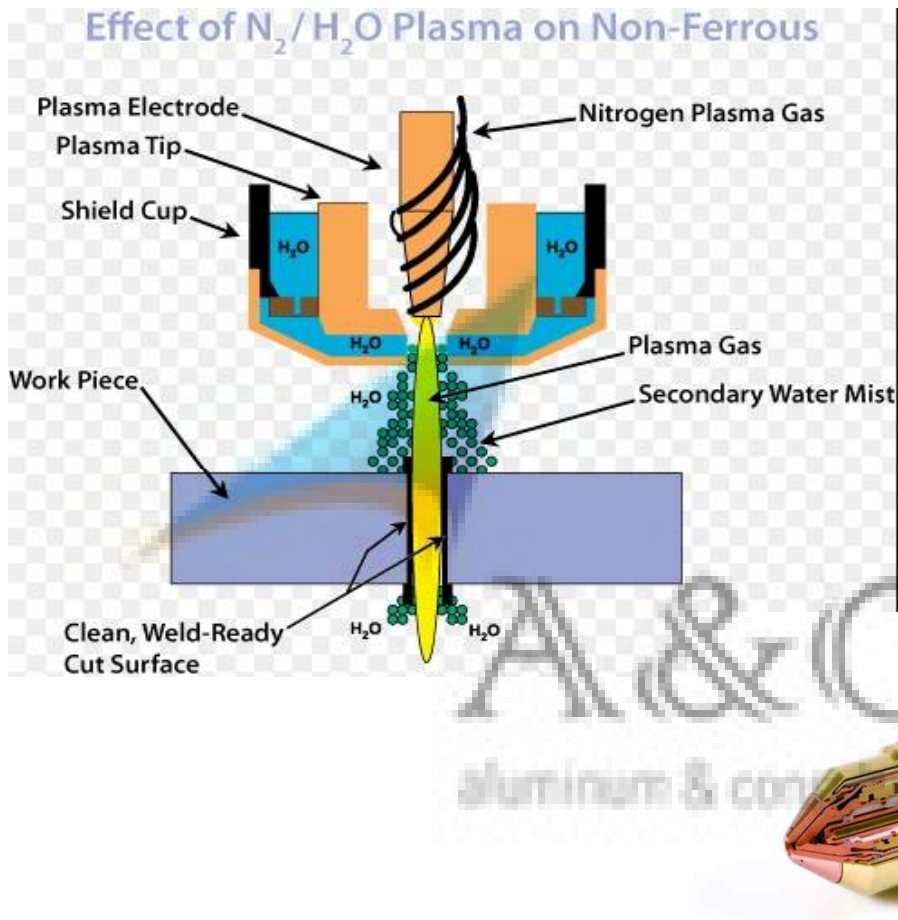
쇼트(鋼粒)를 강재(鋼材)의 표면에 분사하여 표면층에 잔류 압축 응력을 발생케 하고, 또 가공경화에 의해서 이를 강화하는 일종의 표면 가공 경화법이다. 슷 피닝을 한 것은 특히 피로강도가 증가하므로 슷프링, 샷프트, 핀 등의 표면 가공에 널리 사용한다. 슷에는 주철로 만든 철 슷, 강립 슷, 커트 와이어 쇼트, 마텐 쇼트 등의 종류가 있다.

슷 피닝의 정도를 정량적으로 표현하는 데는 아르멘 게이지라는 것을 사용하여 그의 부풀어 오르는 높이(arc height)에 의해서 측정한다. 또한, 표면에 먼저 장력을 주었다가 슷 피닝을 하는 방법을 스트레스 피닝(stresspeening)이라고 하며, 피닝 효과가 더욱 커진다. 슷 피닝은 표면 청소의 목적으로도 사용하며, 슷 클리닝이라고 한다.



1.5.6. 플라즈마(plasma machining)

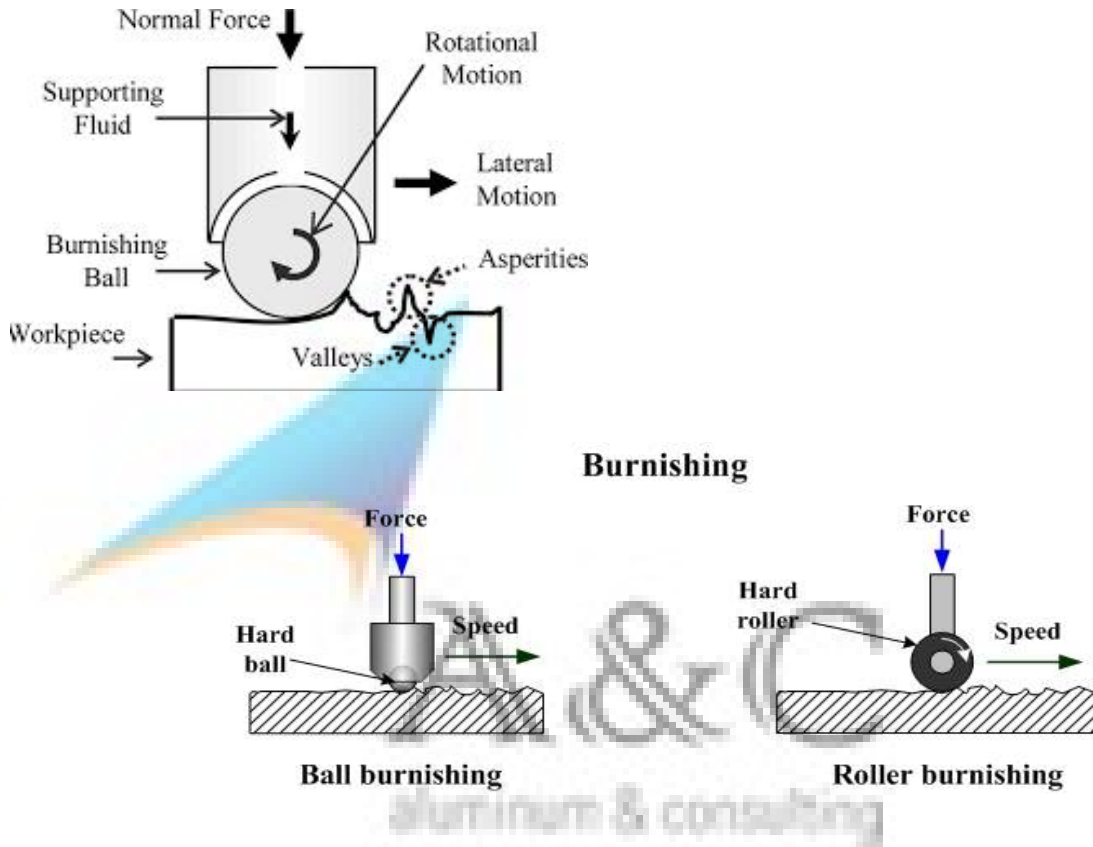
전자(電子)와 이온이 같은 수로 안정 공존하고 있는 상태를 플라즈마(plasma)라 하는데, 대기압 근처의 극히 고온의 플라즈마를 이용한 가공법. 플라즈마 제트 가공과 플라즈마 아크 가공이 있다. 작동 가스는 주로 아르곤에 수소 또는 헬륨을 혼합한 것으로 W전극과 노즐 내면과의 사이에 아크를 방전시켜 작동가스를 고온 플라즈마화 해서 플라즈마 제트로써 공작물에 방사한다. 비금속 재료에도 적용되고 용단(溶斷)이나 용사(溶射)에 이용된다. 금속 재료(양도체)의 공작물을 양극으로 하고 음극과의 사이에 아크 방전시켜 작동 가스는 노즐 속을 흘러서 플라즈마 아크로서 분출한다. 이 방법은 용접·용단·용해 등에 이용된다



1.5.7. 버니싱(burnishing)

강구(鋼球)를 수압(水壓) 등으로 원통구멍에 압입(壓入)하여 구멍의 표면을 다듬질하는 방법과, 브로칭머신으로 버니싱 브로치를 사용해서 가압다듬질하는 방법이 있는데, 후자가 능률이 좋다. 이 방법은 구멍을 뚫은 후 또는 브로치 가공한 후의 다듬질법으로 사용되는데, 특히 구멍의 모양이 이상한 것(직사각형 구멍, 기어의 키 구멍 등)의 다듬질에 알맞다.

버니싱 브로치는 원통구멍일 경우에는 주판알과 같은 모양을 하고 있으며, 재료로서는 특수공구강·고속도강·경질합금 등이 사용되고 있다.

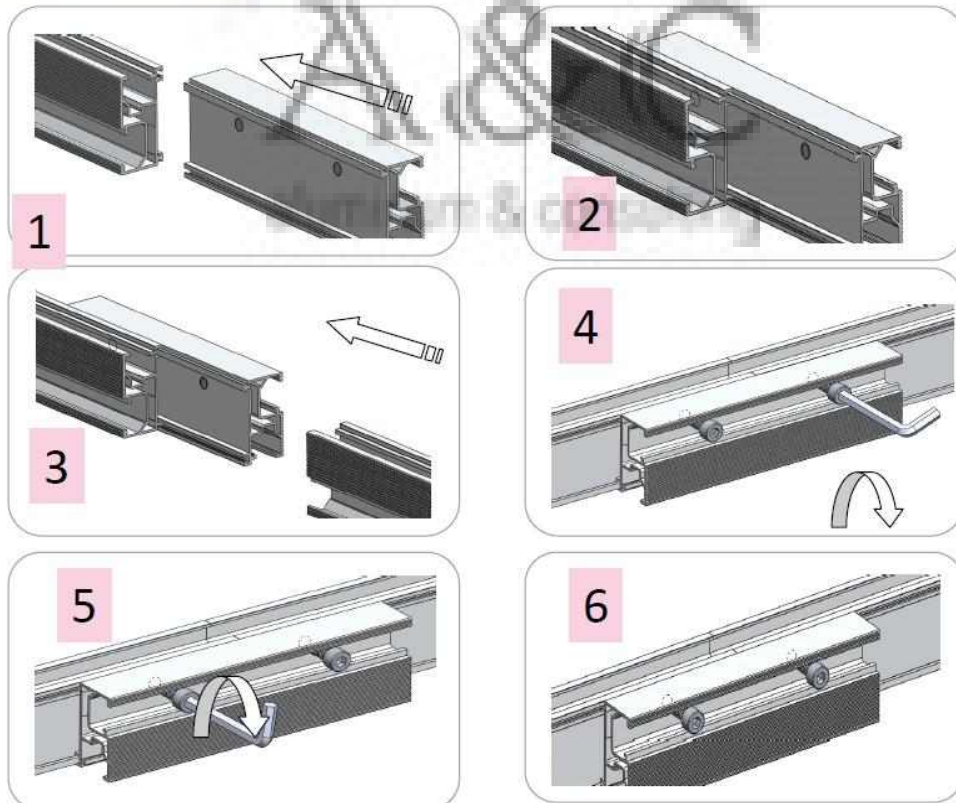
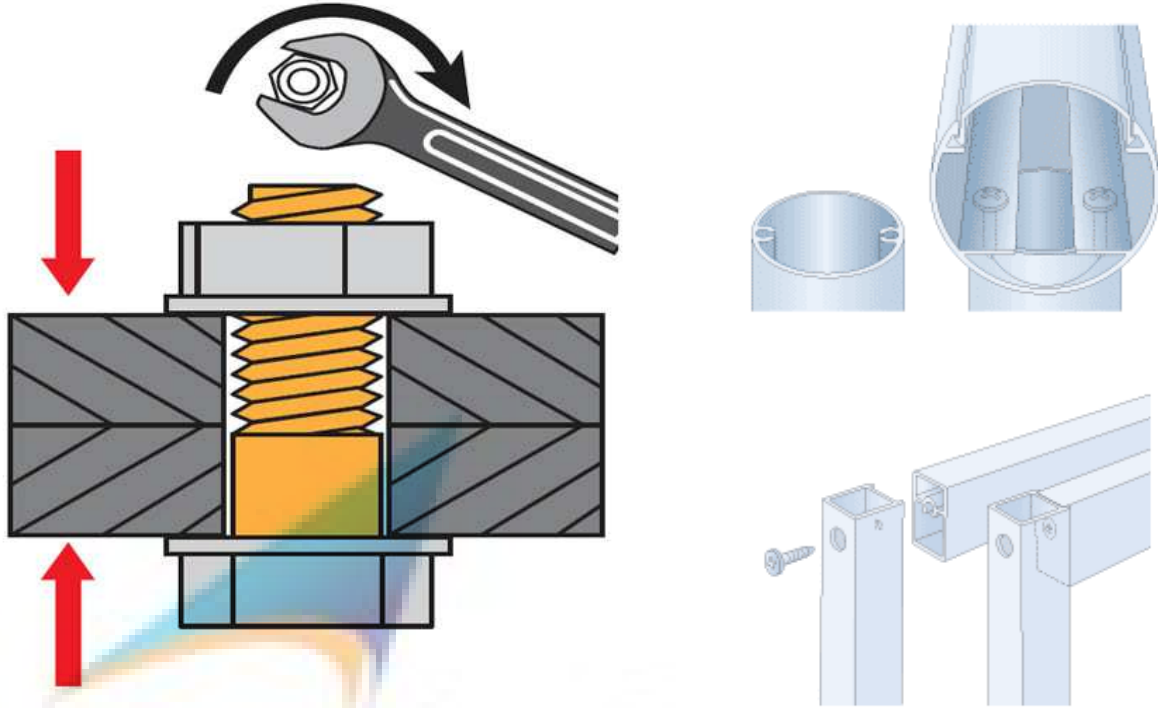


2.접합가공(接合加工)

2.1. 기계적접합

2.1.1. 죄임쇠 접합(fastened joints)

두 부재를 못, 볼트, 나사 등 철물 죄임쇠(fastener)에 의하여 기계적으로 결합시키는 접합.



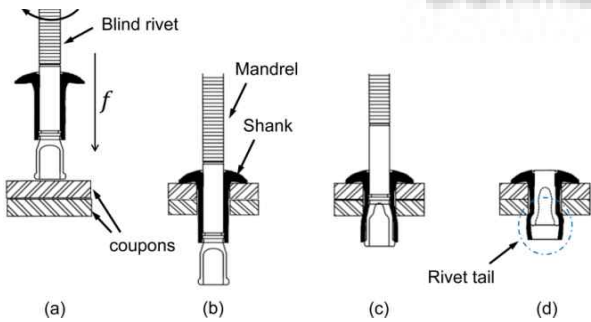
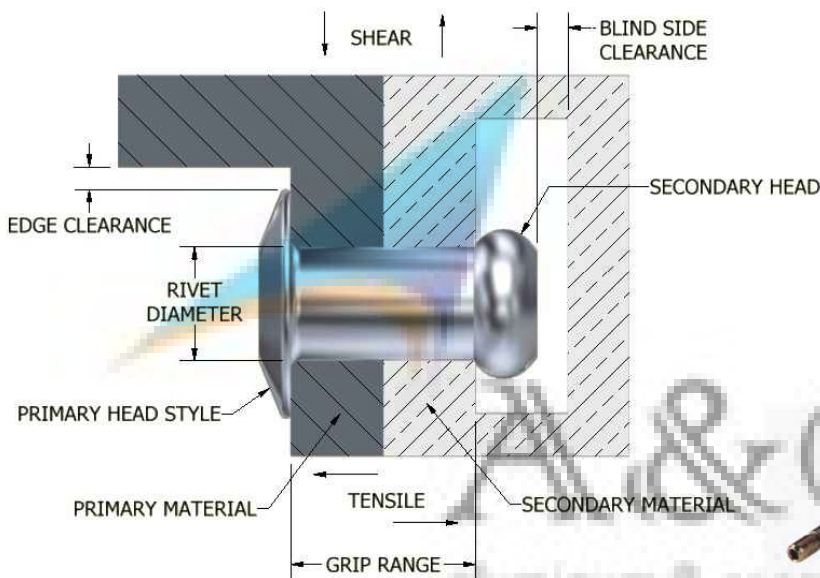
2.1.2. 핀 접합(pin joints)

기계부품과 부품의 상대위치를 확보하기 위해 이 두 부품을 관통하는 구멍을 통해서 고정하는 접합 기계부품으로서의 핀의 종류는 다음과 같다. ① 테이퍼 핀:50분의 1의 테이퍼[傾斜]가 달려 있는 핀. 구멍에 박아 부품을 고정시키는 데 사용되며, 크고 작은 여러 종류가 있다. ② 평행 핀:테이퍼가 붙어 있지 않은 핀. 빠질 염려가 없는 곳에 사용된다. 지름이 1 mm인 작은 것에서부터 50 mm까지 있다. ③ 조인트 핀:2개 부품을 연결할 때 사용되는 핀. 이 핀 부분에서 회전한다. ④ 분할 핀:빠지는 것을 방지하기 위해 2개로 쪼갤 수 있게 만든 핀. 구멍에 꽂아 넣고 앞끝은 둘로 벌려 둔다. 너트가 볼트로부터 빠져나오지 않게 하려고 할 때 흔히 사용한다.



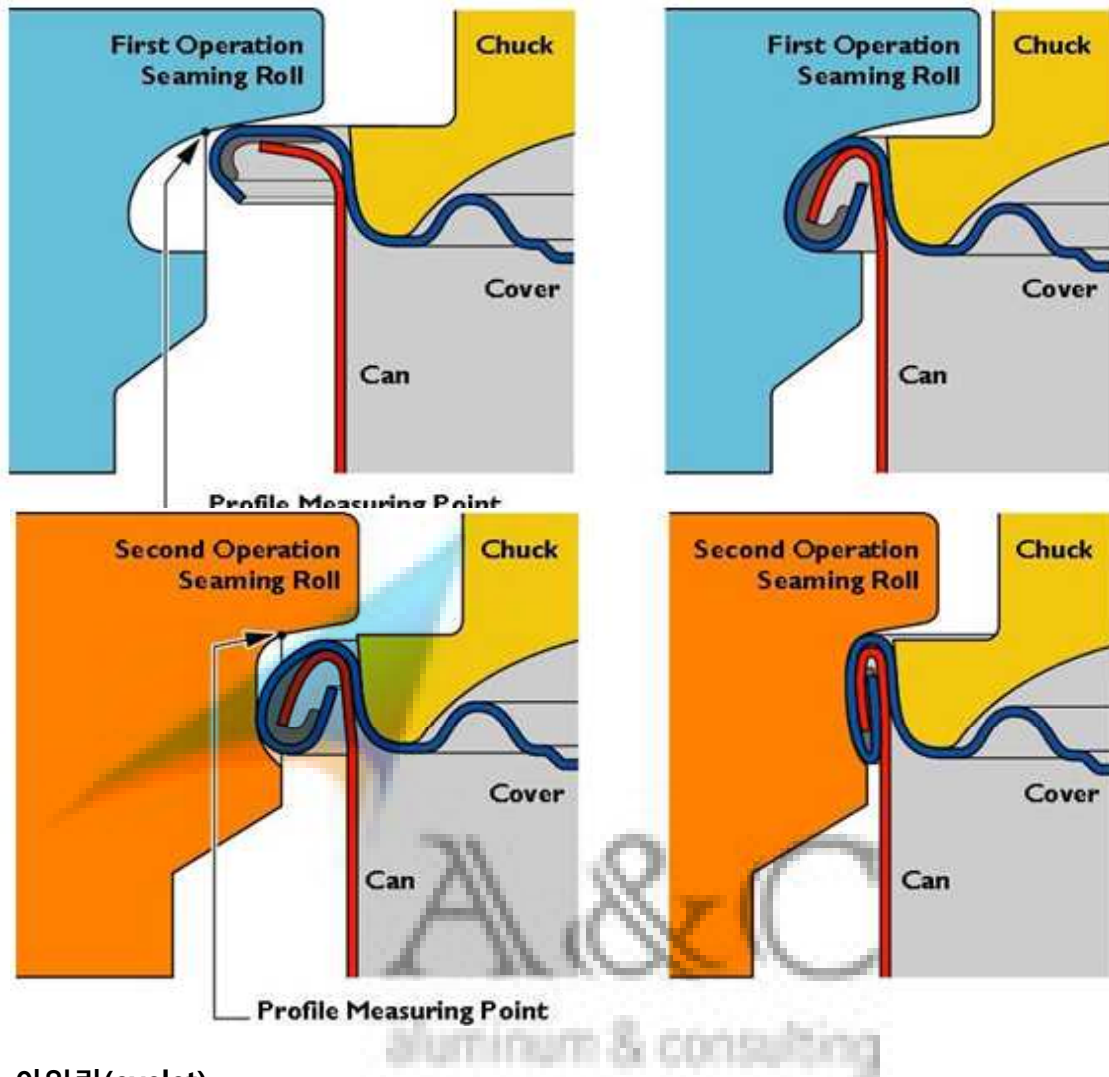
2.1.3. 리벳이음(rivet joint)

강철판을 포개어 뚫려 있는 구멍에 가열한 리벳을 꽂아 넣고, 머리부분을 받친 후 기계·해머 등으로 두들겨 변형시켜서 체결한다. 대체로 연강(軟鋼)으로 만들지만, 특수용도에는 합금강·경합금으로 만들며, 종류는 머리의 모양에 따라 둥근머리 리벳·접시머리 리벳·납작머리 리벳·둥근접시머리 리벳·냄비머리 리벳·얇은 납작머리 리벳 등이 있다. 길이는 체결할 판의 두께에 따라 지름의 1.3~1.6배를 더한 것으로 하고, 리벳구멍은 리벳지름보다 1mm 정도 크게 한다. 작은 리벳을 박을 때는 가열하지 않고 상온에서 한다. 리벳을 사용하여 결합한 부분을 리벳이음이라고 하며, 종류에는 겹치기이음, 맞대기이음, 평행형 리벳이음과 지그재그형 리벳이음, 전단면 이음 등이 있다. 리벳이음은 공작하기 수월하고, 접합부의 강도도 강해서, 건축물·보일러·다리·선박·가스탱크·보도교 등에 널리 사용된다. 리벳이음을 할 때, 기밀(氣密)을 필요로 할 경우에는 코킹(caulking)을 하며, 코킹을 완벽하게 하기 위해 풀러링(fullering)을 하는 경우도 있다. 그러나 최근에는 용접기술이 진보됨에 따라, 리벳이음은 용접으로 바뀌어가고 있다.



2.1.4. 시밍(seaming)

판끝을 구부리고, 서로 맞물려 접합하는 방법.



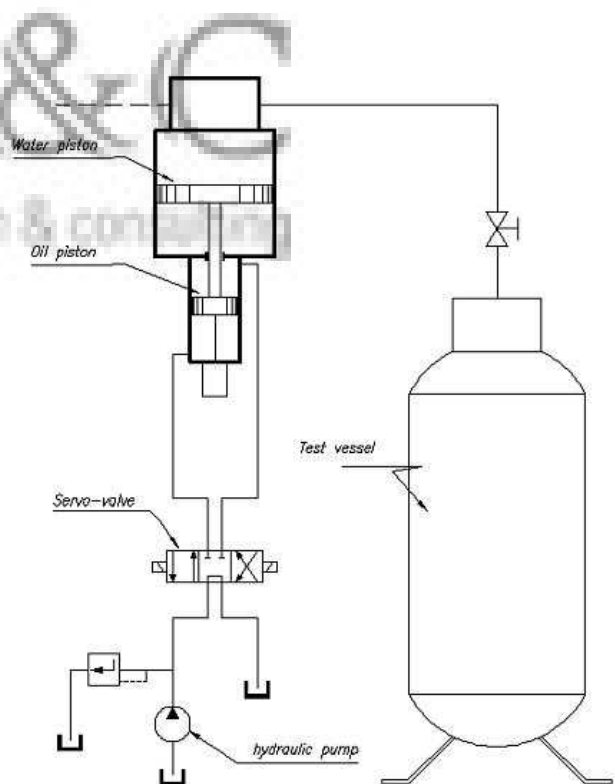
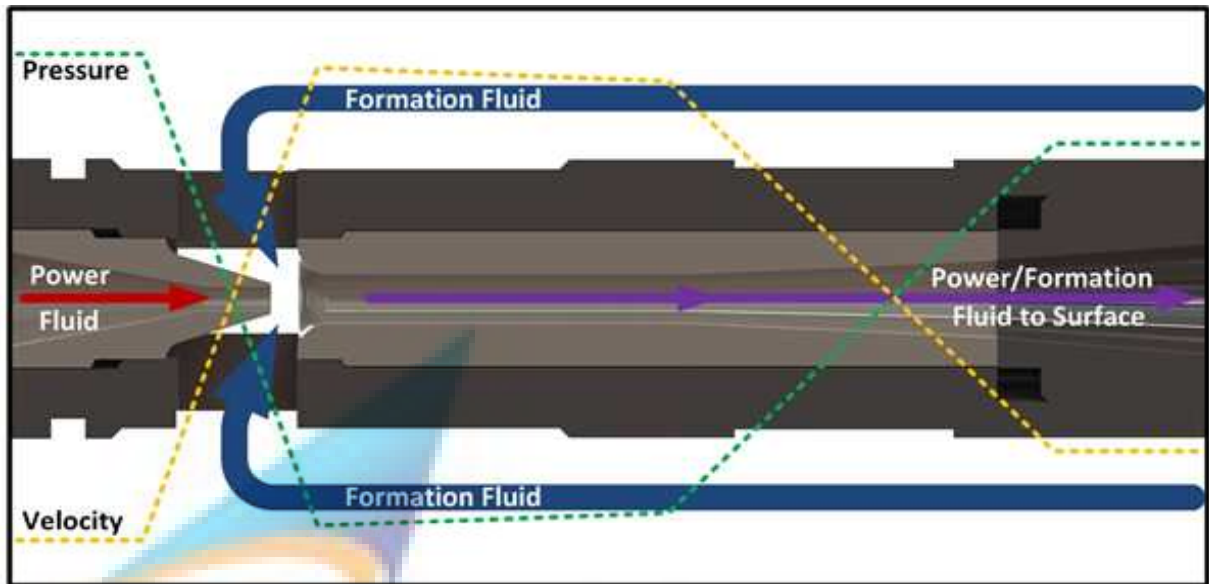
2.1.5. 아일릿(eyelet)

구멍이란 뜻으로 금속성으로 틀을 장식한 가죽끈을 고정시키는 구멍이나 벨트의 구멍을 말한다. 또한 거기에 붙이는 둥근 틀 모양의 금속성을 의미하기도 한다.



2.1.6. 압입(壓入, press fitting)

말뚝을 원치나 잭으로 압입하는 공법.분류(噴流:제트)를 이용한 것이 많고, 소음·진동이 없다. 제트 리프터 파일링 공법은 분류배사식(噴流排砂式)이라 하여 말뚝의 중공부(中空部)에 제트 파이프를 삽입하여 제트로 토사를 무너뜨리고 흡입관을 통해 토사를 제거, 말뚝머리의 캡에 연결한 수압(水壓) 잭으로 말뚝을 압입한다.이 밖에 말뚝의 중공부에 커팅 드라이버 샤프트, 제트용 관(管), 배수용 관을 내장한 것과 말뚝을 클램프로 잡고 유압 펌프로 압입하는 것 등 그 종류가 다양하다.

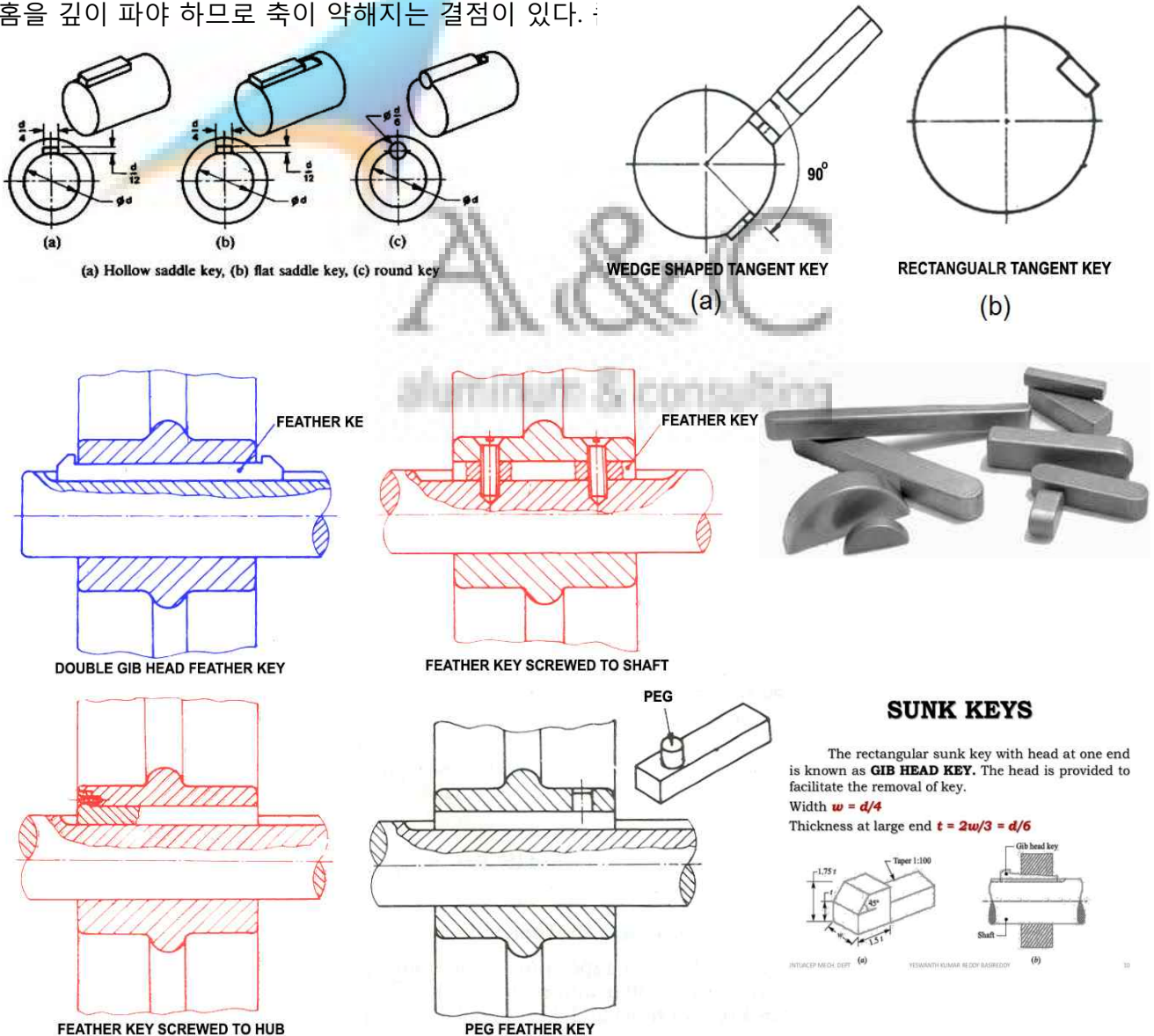


2.1.7. 키(key)

일반적으로 벨트풀리 ·기어 ·커플링 등과 그것들에 끼이는 축과의 상대적 회전미끄럼을 방지하기 위해 사용되는 기계요소.

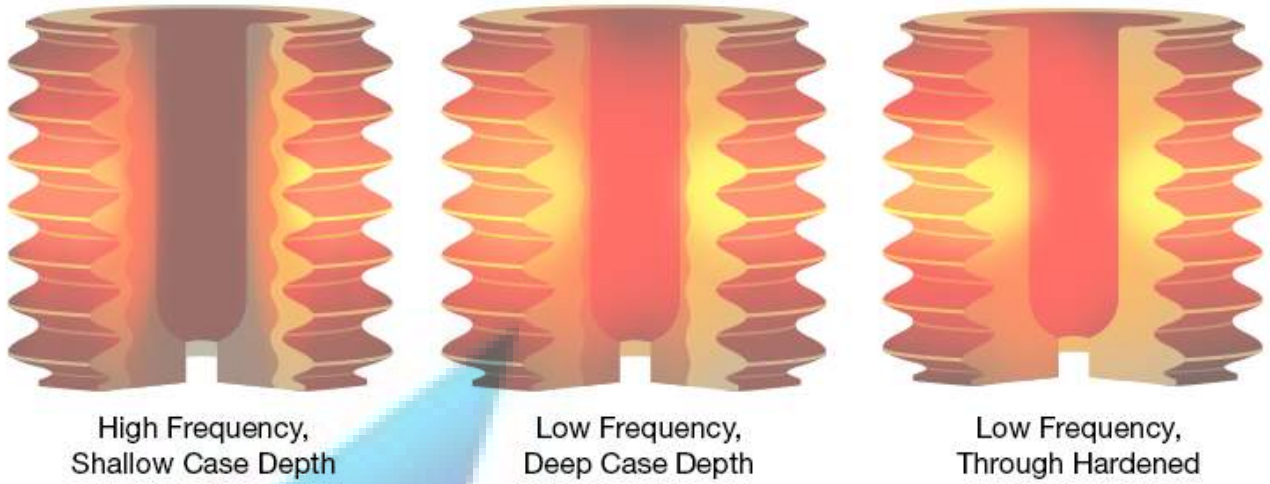
키홈에 끼워서 사용한다. 주로 경강(硬鋼)으로 만들며, 일반적으로 키의 윗면에 1/100 정도의 기울기를 두어 썰기와 같은 작용을 하게 한다. 키의 종류에는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 안장키(saddle key):축에는 가공하지 않고 축의 모양에 맞추어 키의 아랫면을 깎아서 때려 박는 키이다. 축에 기어 등을 고정시킬 때 사용되며, 큰 힘을 전달하는 곳에는 사용되지 않는다.
- ② 납작키(flat key):축의 윗면을 편평하게 깎고, 그 면에 때려 박는 키이다. 안장키보다 큰 힘을 전달할 수 있다.
- ③ 묻힘키(sunk key):벨트풀리 등의 보스(축에 고정시키기 위해 두껍게 된 부분)와 축에 모두 홈을 파서 때려 박는 키이다. 가장 일반적으로 사용되는 것으로, 상당히 큰 힘을 전달할 수 있다.
- ④ 접선키(tangent key):기울기가 반대인 키를 2개 조합한 것이다. 큰 힘을 전달할 수 있다.
- ⑤ 피더키(feather key):벨트풀리 등을 축과 함께 회전시키면서 동시에 축방향으로도 이동할 수 있도록 한 키이다. 따라서 키에는 기울기를 만들지 않는다.
- ⑥ 반달키(woodruff key):반달 모양의 키. 축에 테이퍼가 있어도 사용할 수 있으므로 편리하다. 축에 홈을 깊이 파야 하므로 축이 약해지는 결점이 있다.



2.1.8. 열박음(shrinkage fitting)

용접의 일종이며, 용융 슬래그와 용융금속이 용접부에서 흘러 나오지 않게 용접의 진행과 함께 수냉 시킨 구리판을 위로 이동시키면서, 슬래그 욕 속에 와이어를 연속적으로 송급하여 슬래그 속을 흐르는 전류의 저항열로 와이어와 모재의 맞댄 부분을 용융시키는 상진 용접법이다. 이 방법으로 하면 정밀도를 요하는 복잡한 홈의 가공이 필요치 않으며, I형 홈의 상태로도 용접이 가능하고, 큰 전류로 용접을 할 수 있으므로 두꺼운 판, 초후판의 용접에 적합하고, 매우 능률이 높다.



2.2. 접착 (接着, adhesive bonding)

두 개의 고체면이 접착제가 되는 제3물질을 사이에 두고 서로 접합하는 현상을 말한다. 접착은 기구적으로는 기계 접착, 물리 접착, 화학 접착으로 구별된다. 기계 접착은 접착제의 얇은 막이 접착면의 오목한 곳이나 미세한 구멍에 들어가 고화되어 접착면이 상호 고정되는 경우이고, 물리 접착은 접착체를 용매에 녹여 접착면을 밀접하고, 용매를 증발시켜 면간 분자의 견고한 결합을 촉진하는 것이고, 화학 접착은 접착면과 접착제 사이의 화학 결합력에 의해 접착을 하는 경우이다.

접착제의 장점

1. 접합부에 응력집중이 작아서 보다 큰 피로수명이 얻어진다.
2. 팽창율이 다른 이종금속의 접합시 접착제는 그 계면에서 발생하는 응력이 적다.
3. 접착제는 충격, 소리, 진동을 제어한다.
4. 접합부의 기밀, 수밀성이 높다.
5. 접합부의 전기 절연성이 다른 금속간에 발생하는 접촉부식이 적다.
6. 접합중량을 경감시키며 높은 전단강도를 얻는다.
7. 접합부의 외면이 평활하여 미관이 우수하다.
8. 설계상이나 공정상의 원가를 줄일수 있다.

접착제의 단점

1. 큰 부재의 경우 세정, 도포, 경화의 각 공정이동, 특별기구등 원가인상의 원인이 되기도 한다.
2. 인상균열 및 인출강도가 약하며 그 힘이 지배 weld bond 등의 기계적 강도가 필요하다.
3. 고온, 극저온에 약하여 수명을 보장받기 어렵다.
4. 경화시간이 길수록 세정등의 전처리공정등 접합공정이 필요로하는 공장면적확보가 중요하다.

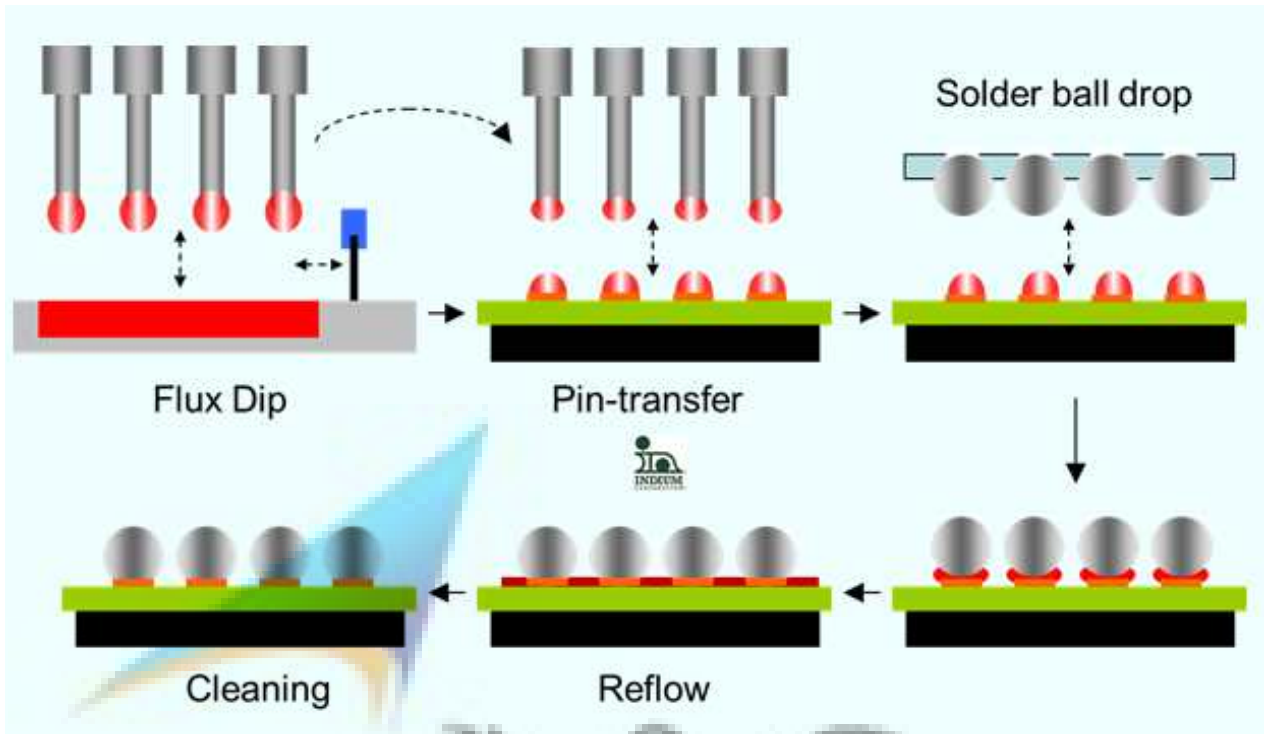
접착의 분류 와 특징

분 류	내 용	성 질	특징(장/단점)	접착제 예
용제확산형	용제가 확산하여 피막을 형성하여 접착력 발휘	보통 고상수지를 유기용제 혹은 물에 넣어 고무나 열가소성수지를 적당히 용매에 용융시켜 강제 유화분산 시켜 도료한다.	초기 접착력이 크며 겉보기 점도가 작아 도포가 용이하고 접착피막이 용이하다. / 용매 혹은 물이 접착재중에 남아 있으며 내약품성, 내수성이 약할수 있다.	초산비닐, 염비닐, 초산비닐알콜, 고무계(재생, SBR 등)
화학반응형	불가역적 화학반응을 일으켜 경화하여 접착력 발휘	주재에 경화재 혹은 촉매재를 가하고 가열하여 화학반응을 일으켜 경화한다. 1액형, 2액형에서 3액형이 있고 상온경화형, 가열경화형이 있다.	저분자량에서 점도가 낮고 접착제에 잘 도포가 되고 침투한다. / 접착시간이 길다.	페놀, 우레탄, 레조시놀, 에폭시, 아크릴, 폴리에스테르, 시아노아크릴레이트, 기타혼합계
열용융형	가열에 의한 용융 상태에서 접착면에 적용하여 냉각 후 응고되면서 접착력을 발휘	열가소성의 고분자포리머가 주성분이고 통상입자, 괴상 혹은 판상, 필름상 등으로 적용된다. 보통 핫멜트아프리카이터로 도포한다.	싸이클시간이 짧고 아프리카이터의 사용으로 접착공정이 완전자동화가 가능하며 접착재의 수율이 좋다. / 내열성이 낮다.	에틸렌, 초산비닐, 폴리아미드, 폴리스티렌, 폴리이소프틸렌

2.3. 납땜

2.3.1. 연납땜(soldering)

용융점이 400°C 이하인 연납(soft solder: 납, 주석합금, 즉 땀납 등)이 있는데, 일반적으로 용제를 바르고 난 다음 납땜을 한다.



2.3.2. 경납땜(brazing)

브레이징이라고도 한다. 용융점이 약 450°C 이상이며(hard solder:황동납, 은납, 금납, 양백납, 망가니즈납, 니켈크로뮴납 등)일반적으로 용제를 바르고 난 다음 납땜을 한다. 기계 강도, 내열성, 전기전도도, 내식성, 용융 온도 등을 고려하여 납재를 선정한다. 경납땜의 가장 큰 장점은 이종 재질의 접합이 가능하다는 것과 접합면에 누설이 없다는 것이다. 또한 경납땜은 그 종류도 다양하고, 경우에 따라서 자동화가 용이하다는 장점도 있다. 미국 국방규격에서는 경납땜의 방법에 따라, 그 종류를 타입 1에서 타입 5까지로 분류하고 있다.



Temperature logging system enters furnace with the product



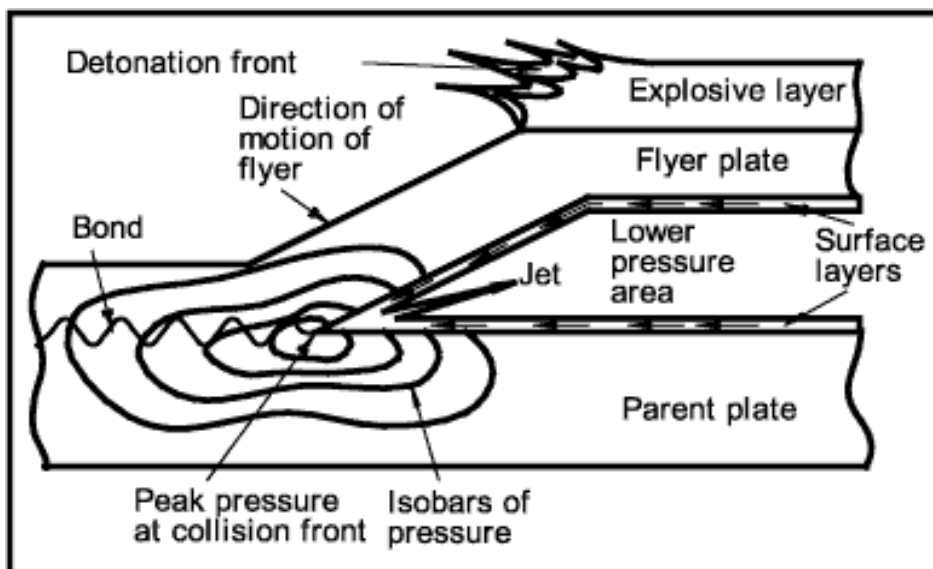
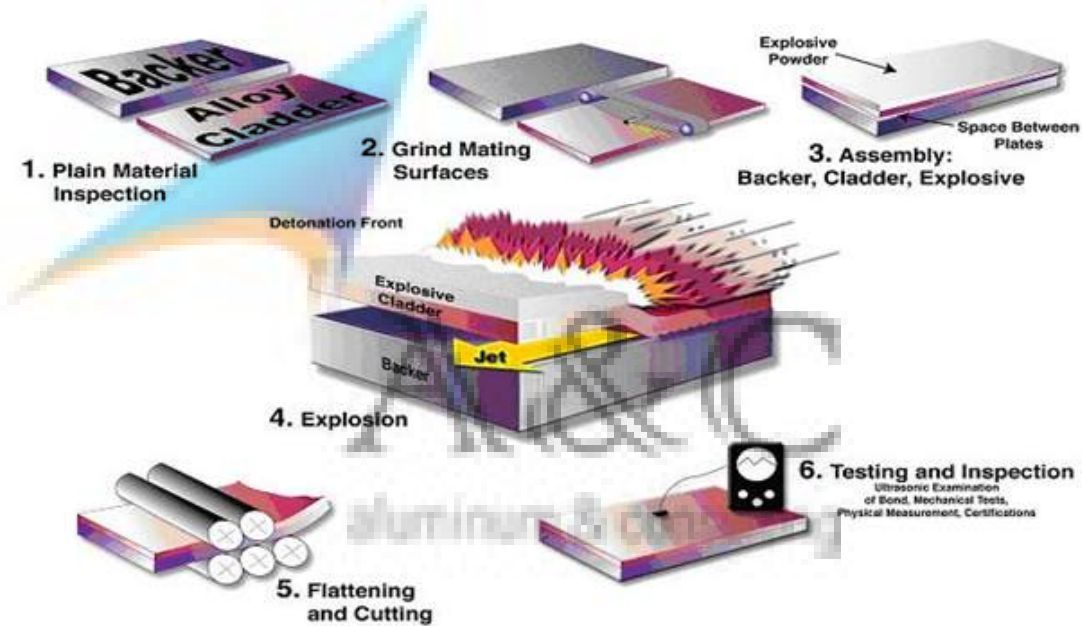
2.4. 압접(壓接, pressure welding)

접합하고자 하는 면을 깨끗이 하여 고압으로 양자를 접촉시켜서 면에서 확산이 생기게 하여 접합시키는 방법. 단순한 정적 가압으로 하는 방법과 롤 사이에 끼우는 방법과 회전시키면서 가압하는 방법 등이 있다. 재료의 종류에 관계 없이 할 수 있는 것이 장점이다.

2.4.1. 폭발압접(爆發壓接, explosive welding)

화약의 폭발 에너지를 이용하여 금속을 접합시키는 방법이다. 화약의 폭발 압력으로 가속된 소재의 접합 면을 고속도로 상호 일정한 각도로 충돌시키면 접합면은 파상으로 변형되어 접합된다. 이와 같은 방법에는 에너지를 직접 재료에 전달하는 직접법과 화약과 소재간에 물을 개재시키는 간접법이 있다. 화약의 폭발 에너지에 의한 충격파를 이용한 고체 압접법이라 하며, 방법은 라이닝이나 클래드 판(cladding sheet ; 합판)의 제조에 이용되고 있다. 이 방법의 장점은

- (1) 짧은 시간의 압접이기 때문에 대기 중에서 활성 금속의 접합이 가능하다.
- (2) 열 영향부가 생기지 않으므로 열처리재에 적합하다.
- (3) 종류가 다른 금속의 접합이 가능하다.
- (4) 작업이 간단하고 경제적이다.



2.4.2. 열간압접(熱間壓接, hot Pressure welding)

용접부재의 단부를 가열하고 압력을 가하여 실시하는 용접. 금속의 재결정 온도 이상의 비교적 높은 온도에서 적은 변형을 가하여 용접하는 방법을 말한다.

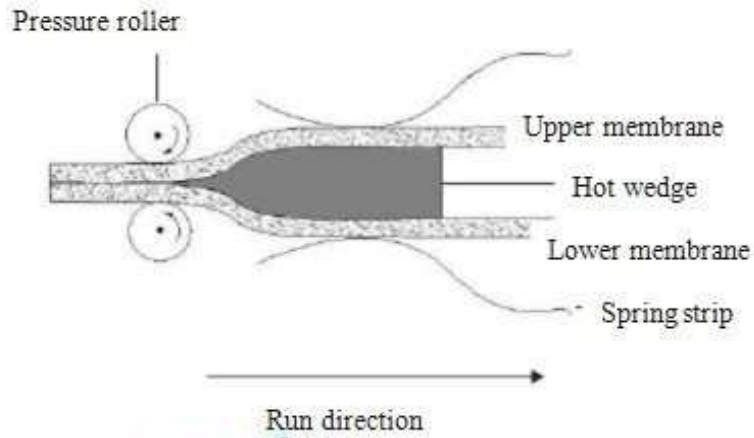
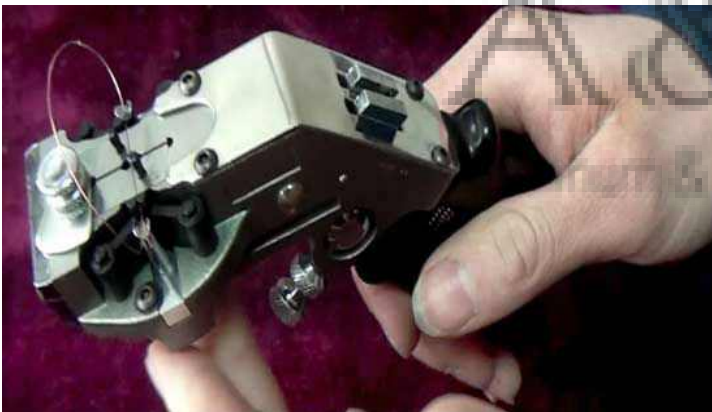


Fig.4 Welding schematic diagram

2.4.3. 냉간압접(冷間壓接, cold Pressure welding)

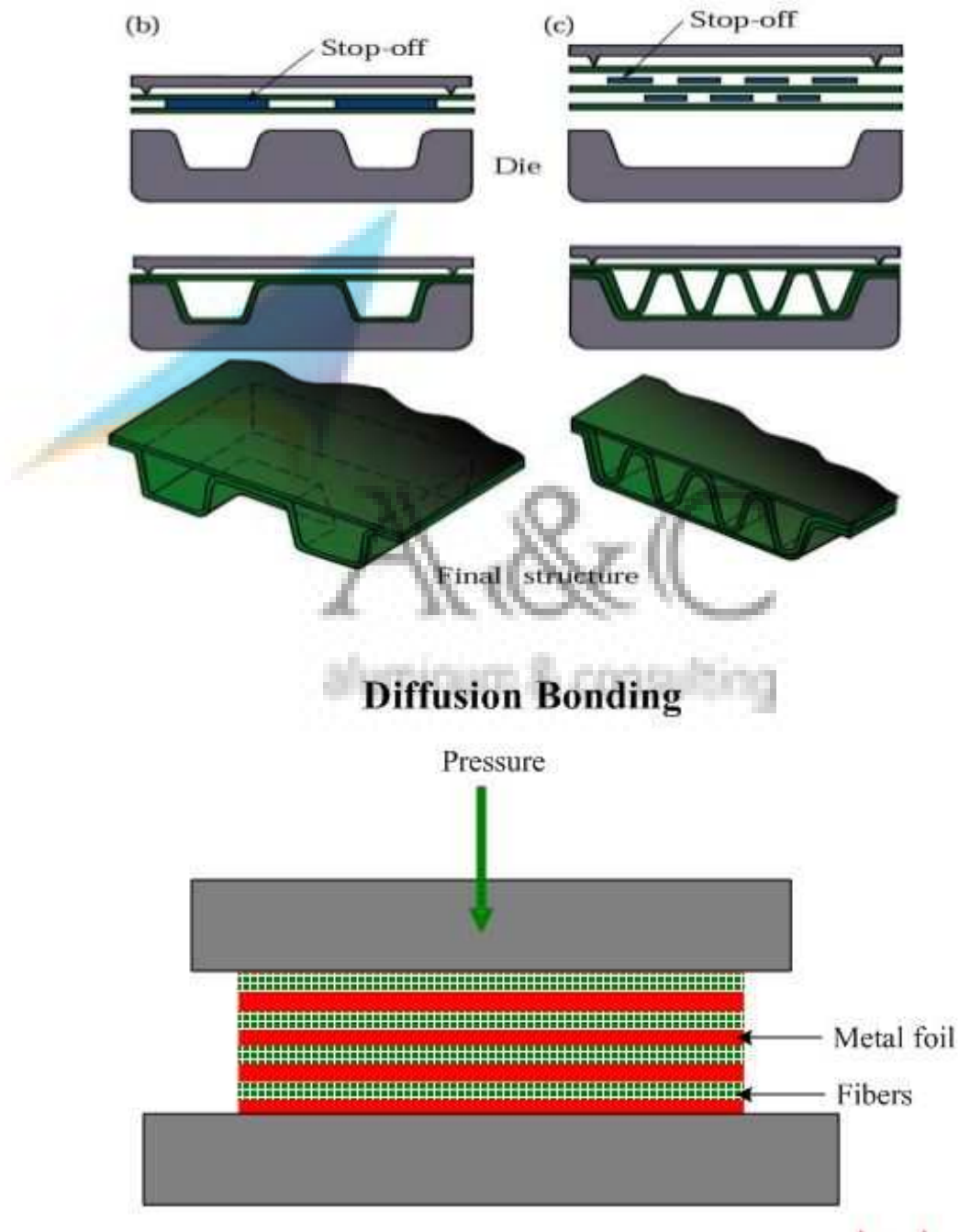
외부로부터 열이나 전류를 가하지 않고 연성 재료의 경계부를 상온에서 강하게 압축하여 접합면을 국부적으로 소성 변형시켜서 압접하는 방법.



2.5. 확산접합(擴散接合, diffused bonding)

탄성 변형 영역 내에서 열과 압력을 가하고 그 접합면에 발생하는 원자의 확산을 이용하여 고상(固相) 상태로 접합하는 방법. 접합 후의 열응력이나 변형이 적고, 변형량이 적으며, 조직 변화에 의한 재료의 열화가 적다는 등의 특징이 있다. 서로 다른 금속끼리나 금속과 세라믹스와의 접합도 가능하다 등 응용 범위도 넓다.

Diffusion Bonding (DFW)



2.6. 저항용접(抵抗鎔接, resistance welding)

접합하는 소재의 접촉부를 통해서 통전하여 발생하는 저항열을 이용해서 가열한 다음 압력을 가해서 용접하는 방법. 용접모재에 큰전류를 흘려서, 접합부의 접촉저항에 의한 발열에 의해 용접 모재를 가열하여 용융상태로 만들고 기계적 압력을 가해서 용접하는 방법이다. 용접방법에 따라 맞대기 용접 · 점 용접 · 심 용접 등이 있다.

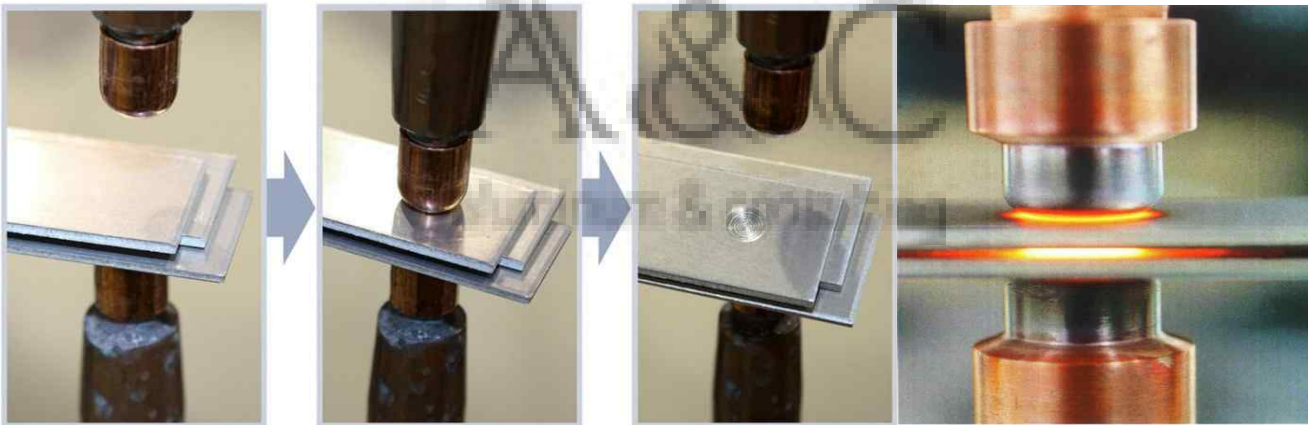
[맞대기 용접] 금속 봉 · 관 등을 맞대어 용접할 경우에 사용된다. 끝면을 맞대고 전류를 흘리면 접합부가 빨갱게 가열된다. 이 때에 압력을 가해서 접합한다.

[점 용접] 용접 모재를 겹쳐 놓고, 이것을 위 아래에서 구리합금으로 되어 있는 봉모양의 전극으로 집어, 압력을 가하면서 큰 전류를 통하게 한다. 전극과 용접 모재와의 접촉부가 가열되어 온도가 올라갔을때, 다시 압력을 가해 점 모양으로 용접한다. 전차 · 자동차 등의 바디에 사용되고 있다.

[심 용접] 용접모재를 겹쳐 놓고, 이것을 구리합금의 롤러 모양으로 된 전극으로 집고 압력을 가하면서 전극을 돌리고, 접합부를 이동하면서 용접한다.

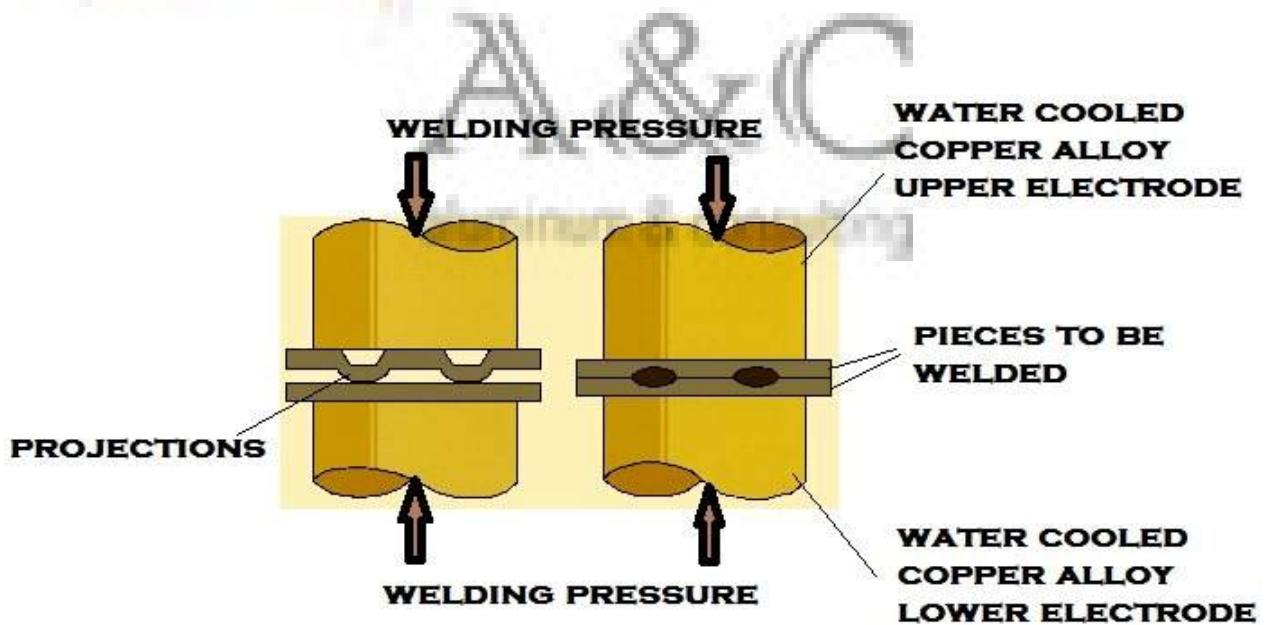
2.6.1. 스팟용접 (spot welding)

두 장의 금속판을 전극 사이에서 가압하면서 대전류를 통해 단시간 내에 용접하는 방법을 말한다. 원리는 그림과 같으며 저항 용접(전기 용접)에 속하고 전극은 순구리 또는 구리 합금을 사용하며 수냉한다. 피용접판은 강하게 가압되어 있으므로 용접 후에는 너겟(nugget : 바둑돌 모양의 자국)이 생기는데 패인 흔적을 약간 남길 뿐 외부에서는 보이지 않는다. 점용접 조건의 한 예는 아래 표와 같다. 점용접의 성적을 지배하는 요소는 전류, 압력, 통전 시간, 전극의 형상 등으로, 이것은 전자관 이용의 제어 장치로 조절한다. 또한 열전도성이 양호한 알루미늄 합금에서는 저항열의 방산을 고려해 3상 전원에서 균일하게 전력을 얻는 3상 저주파 용접기를 사용한다. 점용접의 장점은 대기 중에서 작업할 수 있는 것인데 산소나 질소의 악영향이 적다.



2.6.2. 프로젝션 용접(projection welding)

금속 부재(部材)의 접합부에 만들어진 돌기부(突起部)를 접촉시켜 압력을 가하고 여기에 전류를 통하여 저항열의 발생을 비교적 작은 특정 부분에 한정시켜 접합하는 일종의 저항 용접법이다.

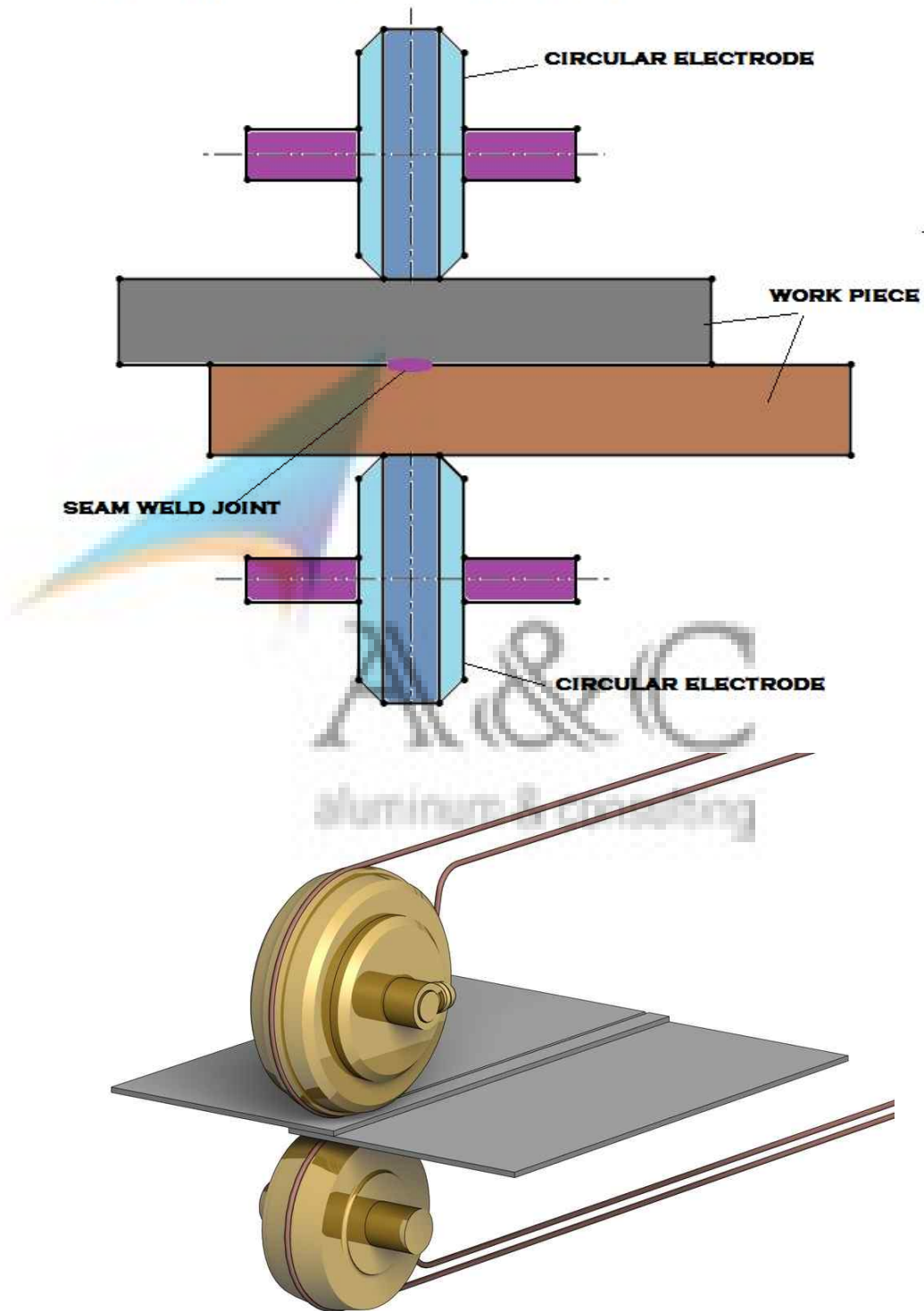


RESISTANCE PROJECTION WELDING

2.6.3. 겹치기 심 용접(lap seam welding)

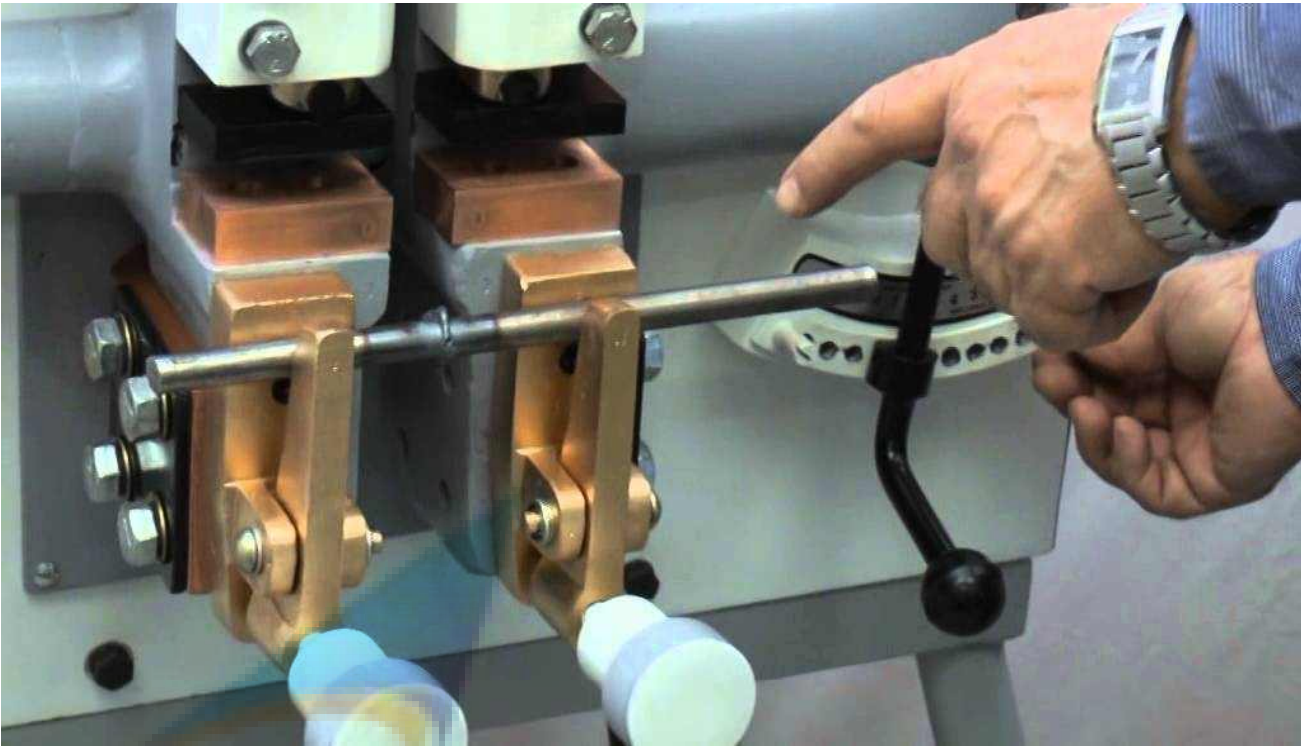
원판모양의 전극 사이에 2매의 모재를 겹치고, 전극에 압력을 가한 상태로 전극을 회전시키면서 연속적으로 행하는 심 용접이다. 심 용접 중에서 기본적인 이음이며, 이음의 강도는 모재보다도 다소 크다. 일반적으로, 겹친 판의 두께가 6mm 정도까지 용접이 가능하다

RESISTANCE LAP SEAM WELDING



2.6.4. 업셋 맞대기 용접(upset butt welding)

맞대기 용접에 의하여, 접합하는 2개의 봉(棒)을 맞붙여 밀착시킨 다음, 전류를 통하여 접합부가 용접 온도에서 가압하여 용착시키는 용접법이다.



Upset Weld

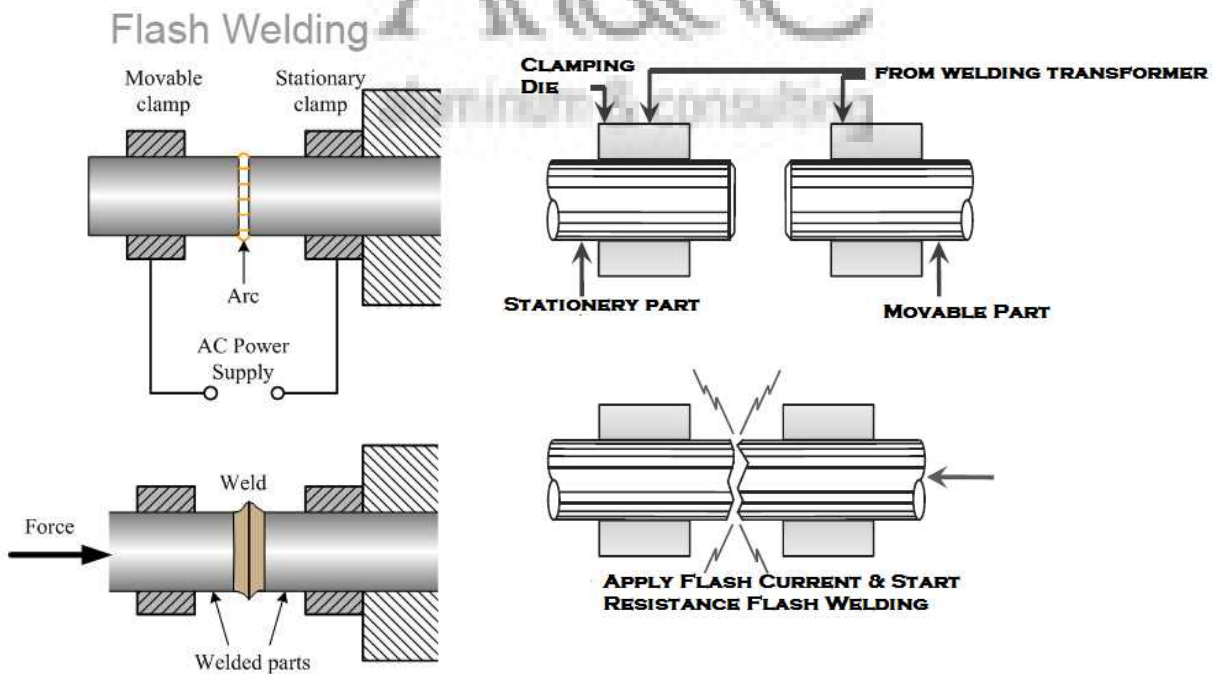
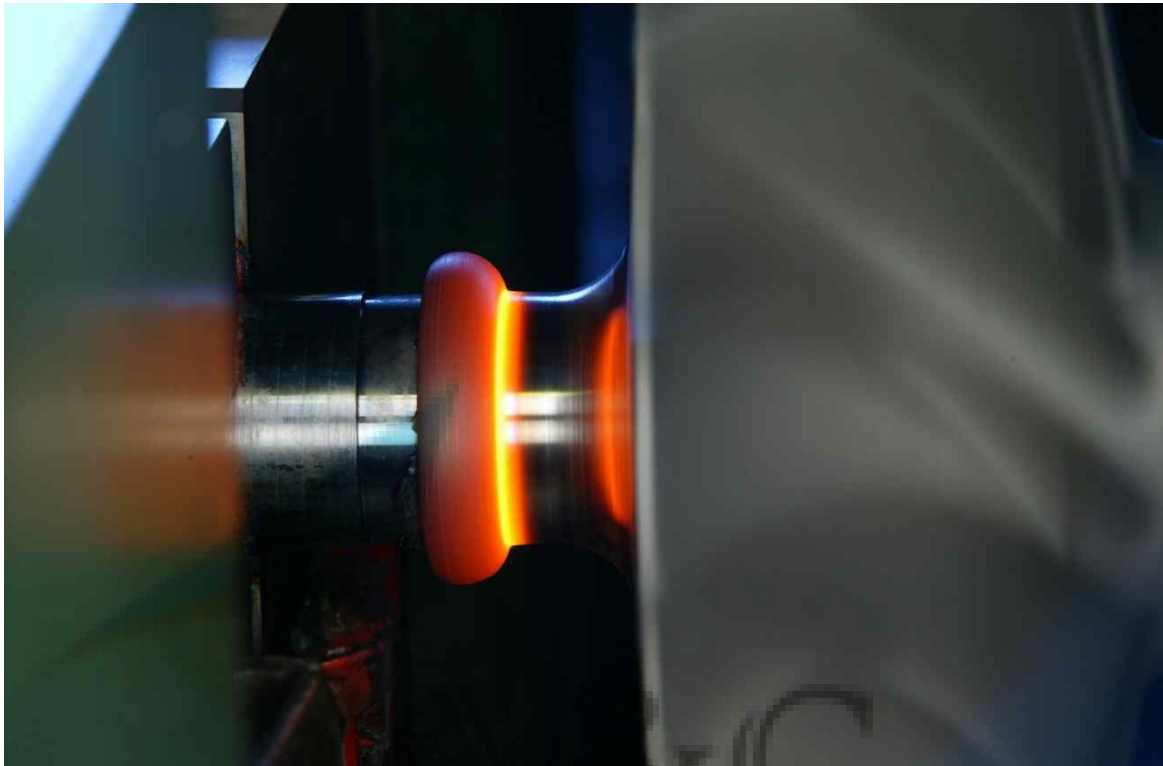


Flash Weld



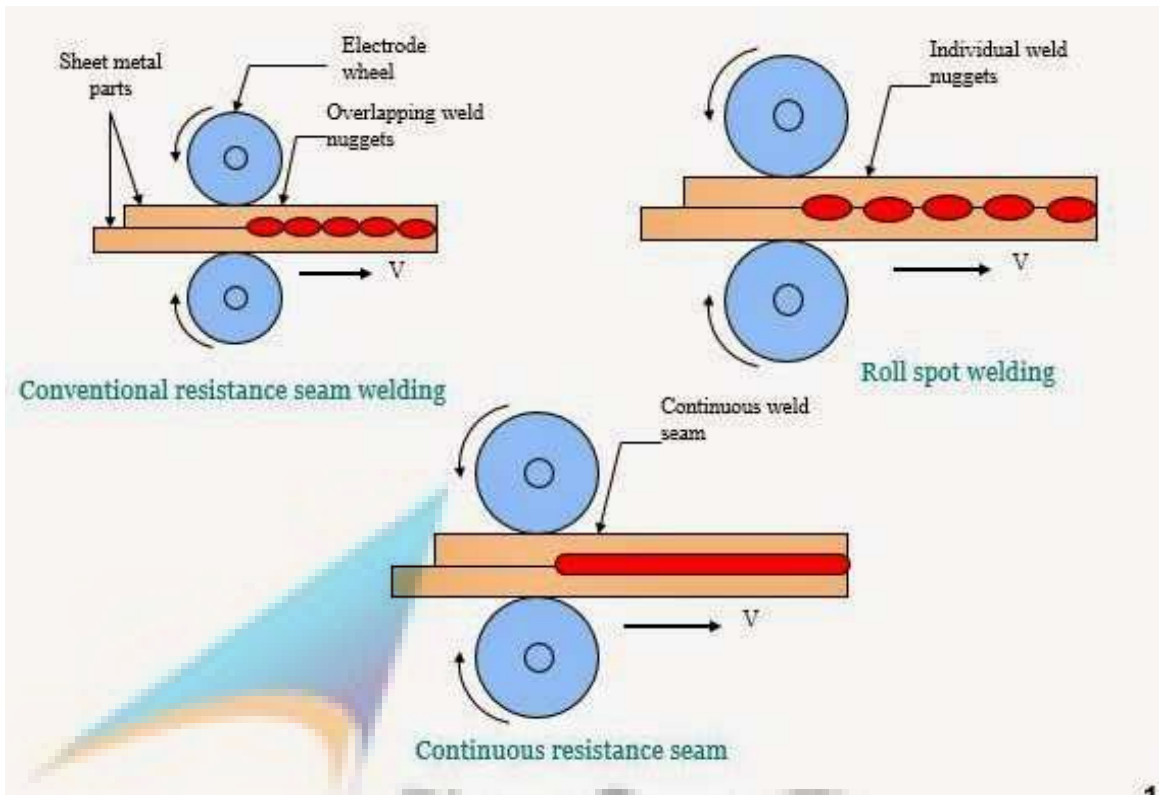
2.6.5. 플래시용접(flash(butt) welding)

2개의 금속 단면을 가볍게 접촉시키고, 이에 큰 전류를 흐르게 하여 접촉점을 집중적으로 가열하면, 접촉점이 과열 용융되어 불꽃이 튀며, 접촉이 끊어지면 또 다시 피용접재를 전진시켜서 계속하여 접촉과 불꽃 튀는 것을 반복하면서, 용접 면을 균일하게 가열하고, 적당한 온도가 되면 강한 압력을 가해서 압접하는 방법이다. 불꽃 용접이라고도 한다.

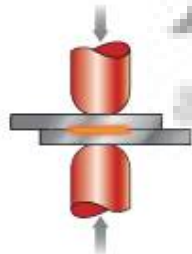


2.6.6. 맞대기 심 용접(butt seam welding)

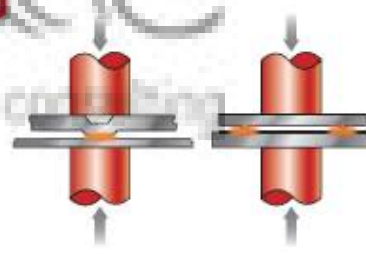
금속 부재(部材)의 끝 면을 맞대고, 그 맞댄 면의 일부에 전류를 공급하여 가열과 동시에 그 부재를 가압하여 이음을 따라 연속적으로 접합하는 일종의 저항 용접으로, 이를 버트 심 용접이라고도 한다



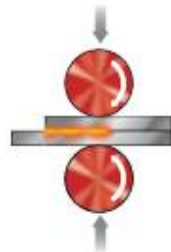
Spot Welding



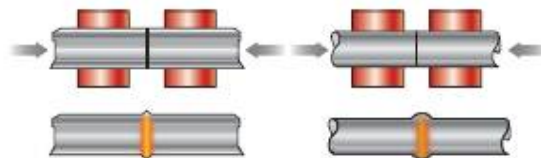
Projection Welding



Seam Welding



Flash Butt / Butt Welding

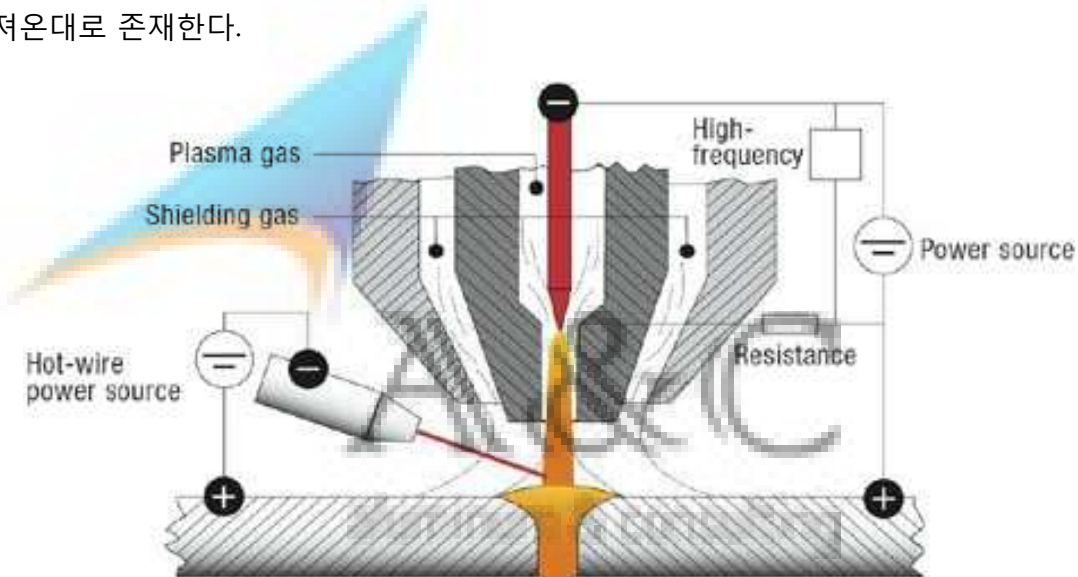


2.7. 아크용접 (arc welding)

금속재료를 접합하는 방법은 대별해서 기계적 접합법과 야금(冶金)적 접합방법이 있으며, 일반적으로 말하는 용접은 야금적 접합방법을 말한다. 아크용접법은 열원으로 아크를 사용하는 용접법(fusion welding)이며 현재 가장 널리 이용되고 있는 접합(seam)방법이다. 일반적으로 사용되는 아크용접의 개요는 그림과 같다. 아크용접장치의 구성은 아크용접기, 1차측·2차측 배선, 자동전격방지장치, 홀더 및 용접봉 등으로 성립되어있다. 아크용접기에는 직류와 교류가 있으며, 현재는 교류아크용접기가 많이 사용되고 있다.아크용접기를 선정할 때는 2차 무부하 전압(아크를 발생시키지 않을 때의 2차 전압을 무부하 전압이라 한다)이 높은 상태의 홀더(holder), 용접봉에 접촉되어 전격에 의한 위험을 방지하기 위해 가급적 전압이 낮은 것을 사용해야 한다. 400A 용량이하의 것에서는 2차 부하전압 85V 이하, 500A 용량 이하의 것에서는 95V 이하, 소형 용접기는 80V 이하로 되어 있다.

2.7.1. 플라즈마 아크용접(Plasma Arc Welding)

플라즈마 아크 용접(PAW)은 가스 텅스텐 아크 용접(GTAW)과 유사한 아크 용접 공정이다. 전기 아크는 전극과 공작물 사이에서 형성된다. 아크 플라즈마 가스의 임시 상태이다. 가스는 그것을 통해 전류가 통과한후에 이온화되고 그것은 전기 전도체가 된다. 이러한 상태는 전자의 많은 수가 자신의 궤도에서 가져온대로 존재한다.

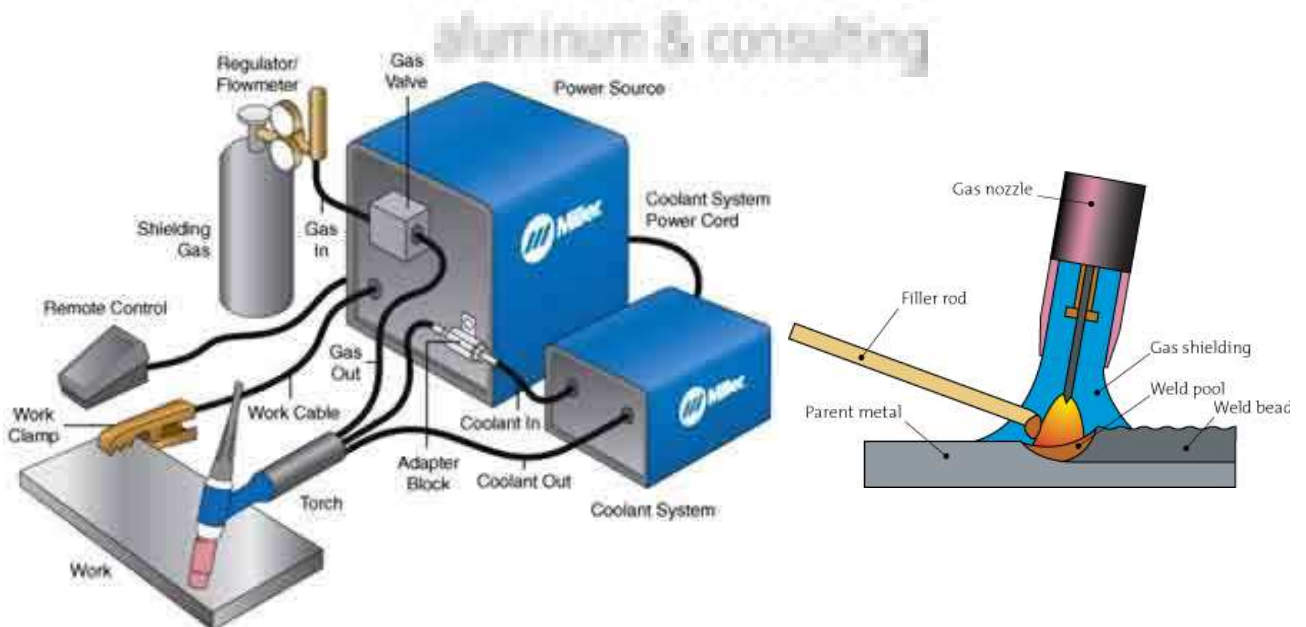


Basic components of a plasma welding torch



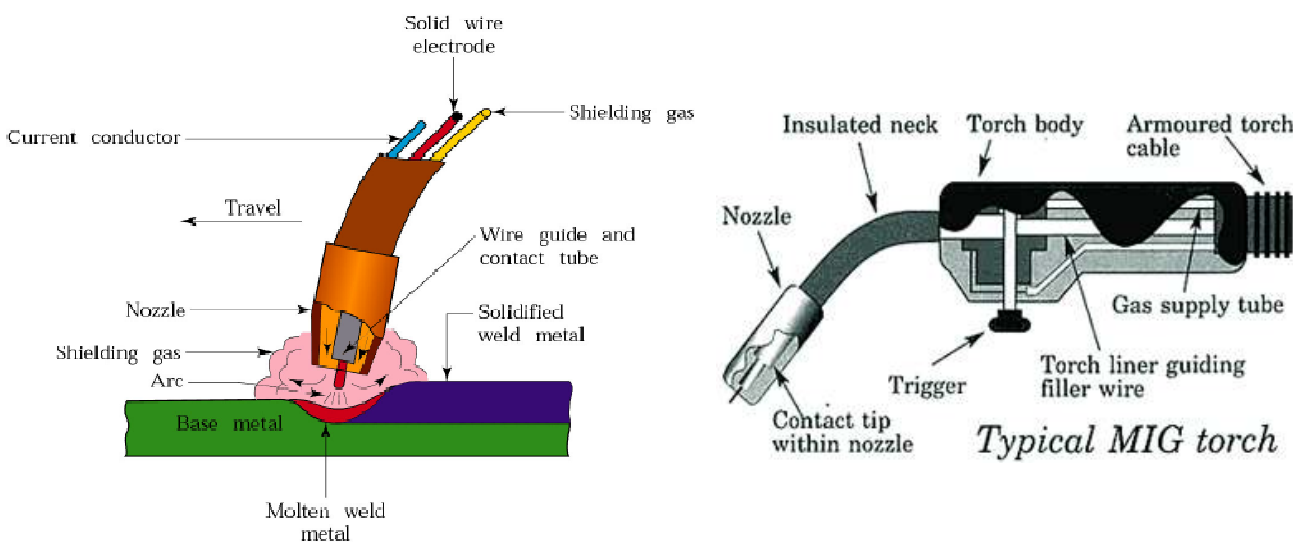
2.7.2. 티그용접 (TIG welding)

아르곤 또는 헬륨 등의 불활성 기체 속에서 텅스텐 전극과 모재의 사이에 아크를 발생시켜, 모재를 용접하는 용접법. 활성 금속의 박판 용접용으로 개발되었지만, 기체 성분의 양이 적고, 청정한 고품질의 용접부가 얻어지므로, 저온용 강과 내열합금 등의 두꺼운 판의 용접에도 이용된다. 높은 인성, 높은 강도의 용접 시공에 도움이 된다. 두께 t 가 6mm 이상일 때 적합하다



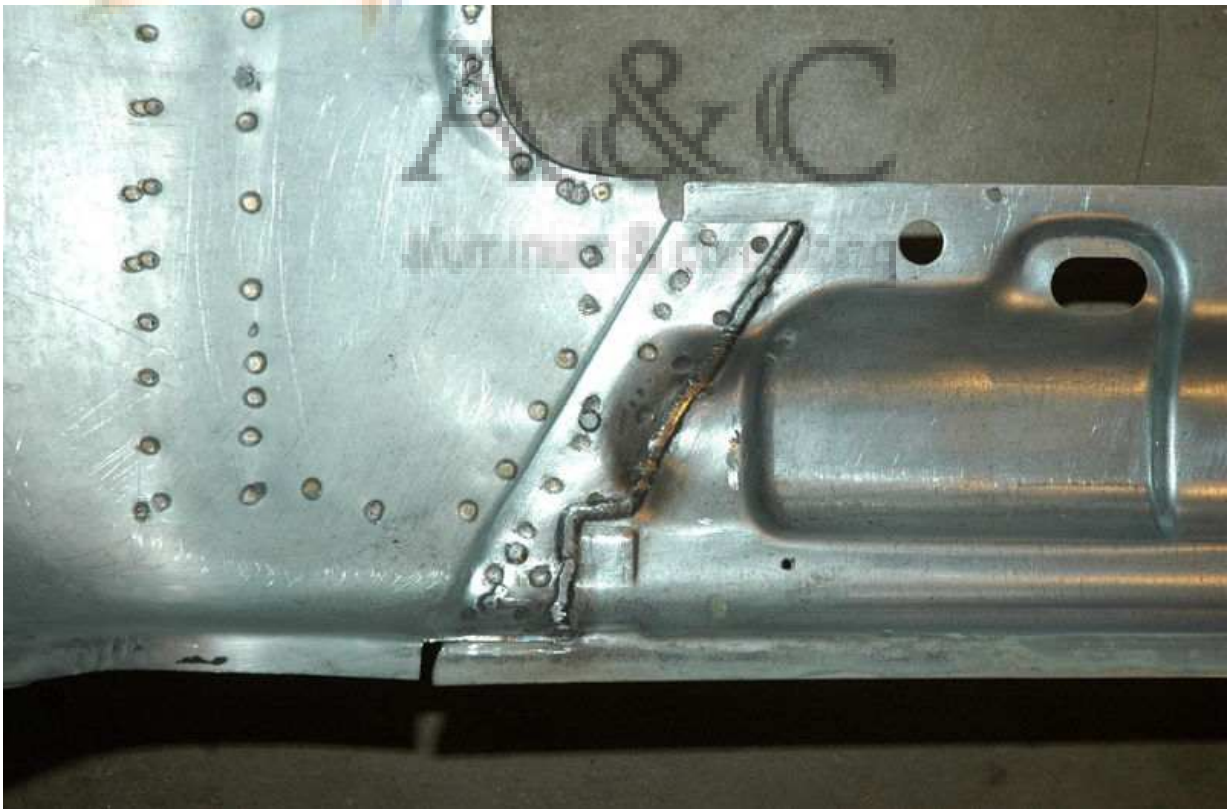
2.7.3. 미그용접(Metal Inert Gas welding)

TIG용접과 같은 이너트가스 아크 용접의 한 가지이다. 불활성가스 금속아크용접이라고도 한다. 피복재가 없는, 지름 1.0~2.4mm의 나심선(裸心線)(필러재)의 전극와이어를 일정한 속도로 토치에 공급하여 와이어와 모재 사이에 아크를 발생시켜 나심선을 스프레이 상태로 용융하여 용접을 하는 방법이다. 통상은 나심선의 용융속도가 빠른 정극성이 사용된다. 전류 밀도가 크기 때문에 TIG용접보다 더 능률적이며, 보다 두터운 판의 용접이 가능하다. 또한, 제거할 슬래그가 없으므로 피복아크용접에 비해 작업주기가 빠르다.MIG용접은 초기에는 주로 두꺼운 전도성 판에 나심선을 용접할 목적으로 개발되었지만, 현재는 알루미늄, 구리, 마그네슘, 니켈 합금, 티타늄, 강철합금 등 여러 분야에 응용되고 있다. 알루미늄 등의 용접에 사용되어 역극성(또는 교류)으로 용접하면 클리닝 작용에 의하여 용접부의 주변이 청소되어 아름다운 광택을 나타내게 된다.



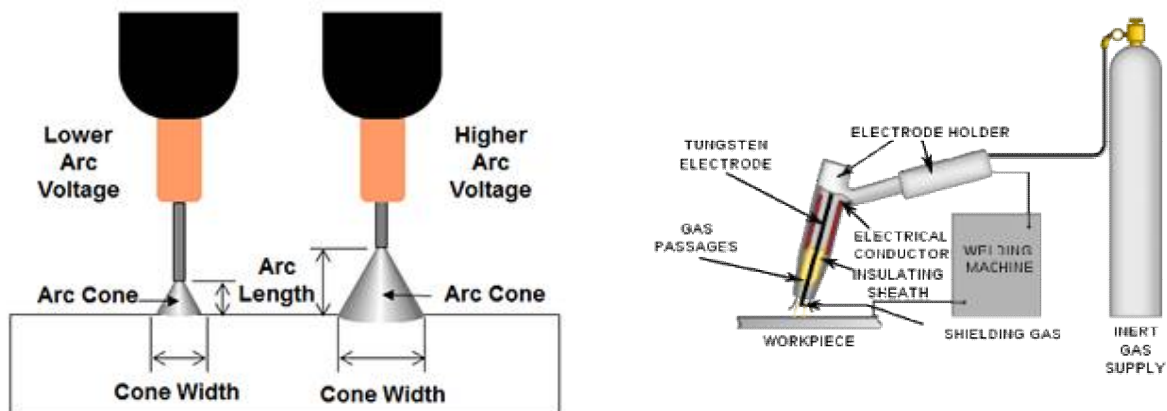
2.7.3.1. 미그스팟용접 (MIG spot welding)

미그 반자동 용접 장치에 타이머를 장착하여, 용접부에 토치를 대고서 방아쇠를 당겨서 일정시간 아크를 발생시켜서 하는 점 용접법. 전원은 직류 정전압 특성으로 된 것이 사용되며, 전원 및 시공비가 비싸기 때문에 보통 알루미늄 등 고급재의 아크점 용접에 이용된다.



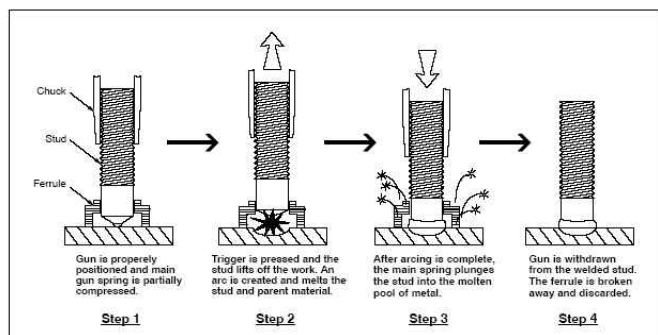
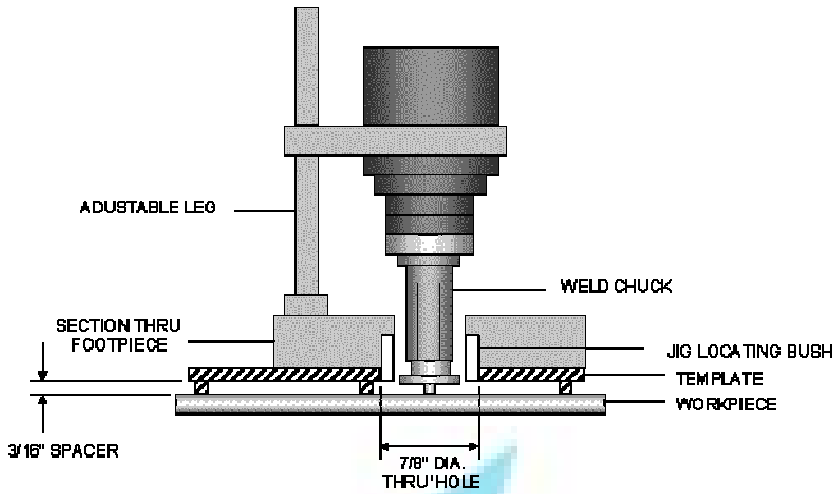
2.7.3.2. 펄스아크용접(pulsed arc welding)

불활성 가스 아크 용접방식의 한 변형이며, 종래의 용접 전류에 펄스 전류를 중첩하여 용적(溶滴)을 펄스 전류의 주기와 같은 회수로 용융풀에 붙여넣는 TIG와 MIG 용접 어느 쪽이나 적용된다. 배경 전류는 아크의 안정을 주로 하고, 펄스 전류는 용적이행의 역할을 한다. 펄스 아크의 회수는 매초 50내지 100회를 일반적으로 사용한다. 펄스 아크 용접의 장점은 펄스전류와 배경전류를 개별적으로 조정할 수 있으므로 용접열 입력의 조정이 용이하며, 특히 얇은 판의 용접에 적합하다. 또, 소전류로 전자세의 용접이 가능하며, 용도는 종래의 불활성 가스 아크 용접과 거의 같으나 특히 얇은 판의 용접에 적용된다.



2.7.3.3. 스테드용접(stud welding)

강봉이나 황동봉 같은 것을 볼트 대신에 모재에 심는 방법. 아크 용접의 일종이다. 스테드를 모재에 접촉시켜 놓고, 전류를 통하게 한 다음 스테드를 모재에서 약간 떼고 아크를 발생시켜서, 알맞게 녹았을 때에 스테드를 용융지에 눌러서 용착시킨다.



2.7.4. 피복아크용접(flare groove weld , 被覆-鎔接)

피복제를 칠한 용접봉과 피용접물과의 사이에 발생한 아크의 열을 이용해서 용접하는 방법이며, 구조용 강을 비롯해 거의 모든 금속재료의 용접에 사용된다. 이 용접은 그림과 같이 홀더에 물린 피복 용접봉과 피용접물(모재)과의 사이에 교류 또는 직류의 전압을 가하고 그 사이에 아크를 발생시킨다. 아크의 강한 열(온도 약 6,000°C)에 의해서 용접봉이 녹아 금속증기 또는 용적(globules)이 되어서 용융풀(molten pool)에 용착(deposit)되며, 그래서 모재의 일부와 융합해서 용접금속을 만든다. 2개의 부재를 용접할 때는 적당한 홈(개선)을 만들어 두고, 그곳을 용착금속(weld metal)으로 매워서 접합을 완료한다. 용접봉은 금속선 주위에 유기물, 무기물 또는 양자의 혼합물로 만든 약간 두꺼운 피복제를 실시한 것이다. 피복제는 아크 열에 분해되어 아크를 안정하게 유지함과 동시에 발생가스 또는 슬래그에 의해서 용융 금속은 외기로부터 보호되어 산화, 질화(窒化)가 방지되는 이외에 적당한 화학반응에 의해서 용융 금속은 정련되고 또 합금원소의 첨가도 가능하다. 일반적으로 쓰여지는 용접전류는 50~400A 범위이며 교류, 직류 모두 정격출력전류 200A, 300A, 400A, 500A의 4종류의 용접기가 규격화되어 있으며, 교류용접기에 감전방지를 위해 2차 무부하 전압이 낮은 자동전격방지장치를 사용하도록 의무화되어 있다. 여기서 유의해야 할 사항은 사용하는 용접전류에 대응하는 차광도 번호의 보안경을 선택하는 것이 중요하다.

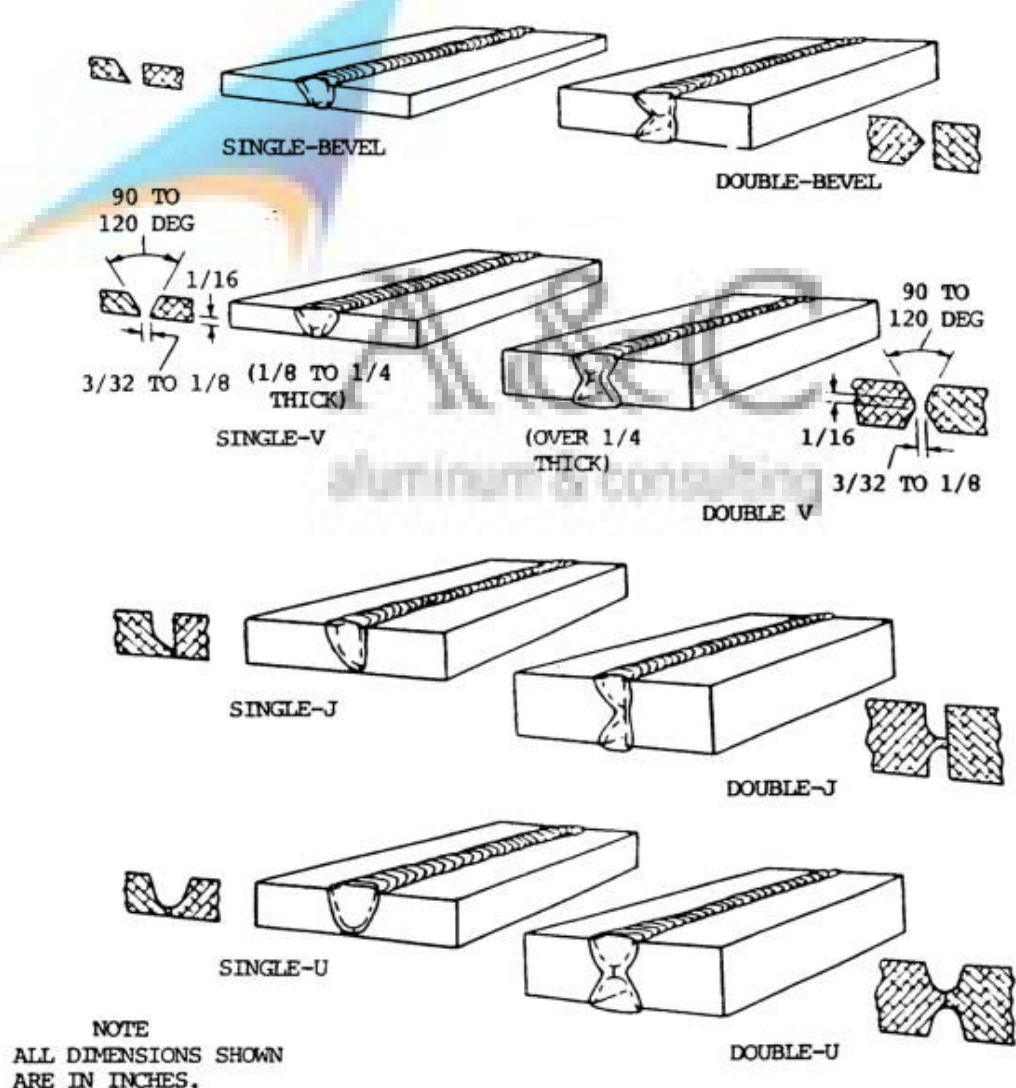
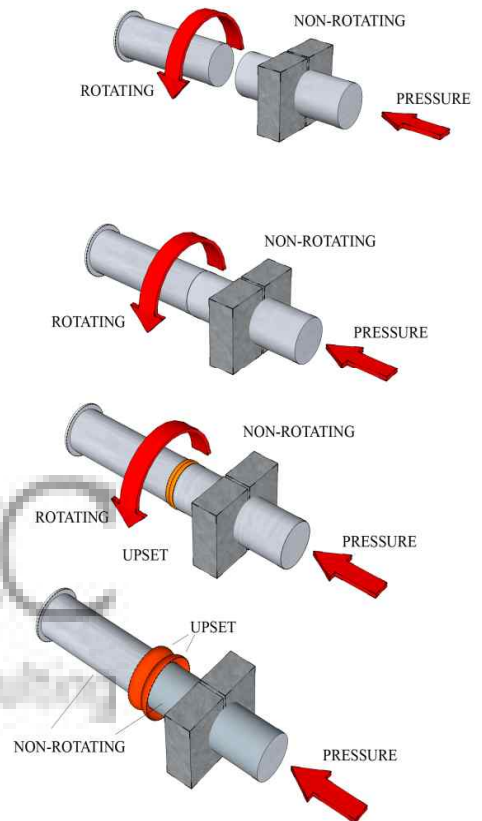
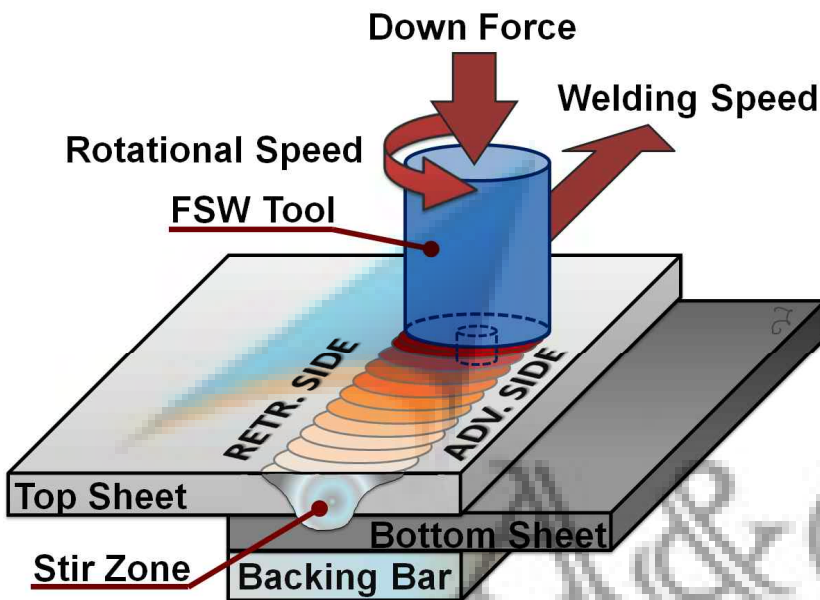


Figure 6-27. Types of groove welds.

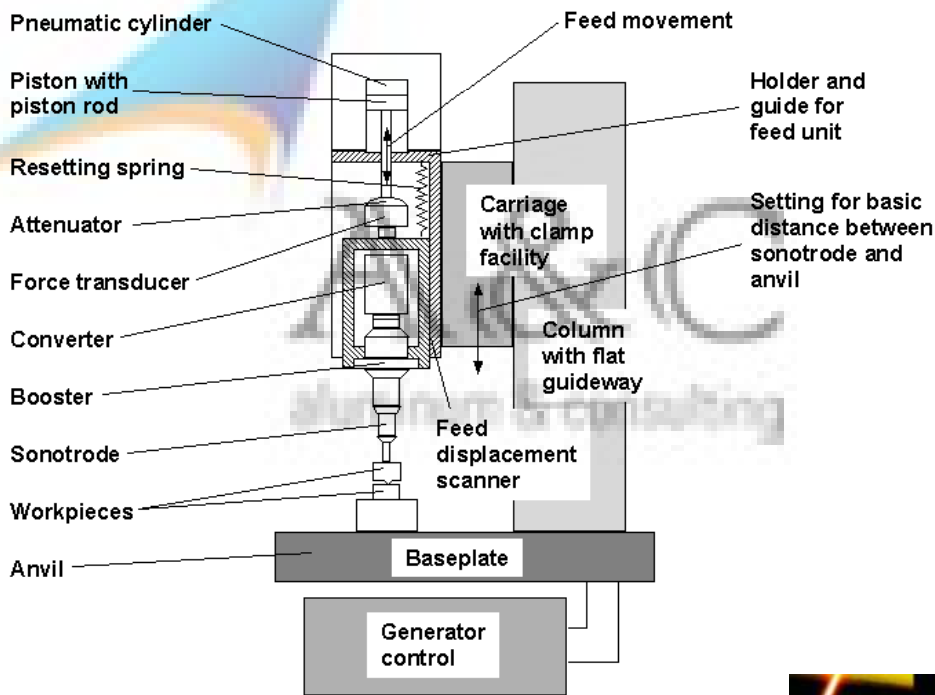
2.8. 마찰용접 (摩擦熔接, friction welding)

마찰압접(摩擦壓接)이라고도 한다. 금속편(金屬片)을 전동기와 같은 것으로 고속 회전시키고, 용접하고자 하는 상대방의 고정된 금속에 근접시켜 2개의 금속이 접촉하면 마찰열이 발생하여 온도가 상승한다. 적당한 온도가 되었을 때 회전을 멈추고, 2개의 금속을 눌러 용접시킨다. 알루미늄과 같은 경우에는 매우 쉽게 접착이 된다. 또 접착이 어려운 금속과 플라스틱의 경우에도 이 방법으로 쉽게 용접할 수 있다. 연강(軟鋼)과 연강을 마찰용접한 것은 인장강도(引張強度)가 원래의 연강과 같거나 그보다 강하다고 한다. 마찰용접은 접착하고자 하는 곳만 고온으로 하면 되므로 나머지 부분을 가열할 필요가 없어 동력이 적게 들며 능률적이다. 또 전기가 잘 통하지 않는 재료, 전기저항용접을 하기 어려운 형태의 것도 쉽게 용접할 수 있는 장점이 있다. 그러나 소재의 한쪽이 원형이 아니면 안되고, 또 한쪽을 회전시켜야만 하는 등의 결점도 있다.



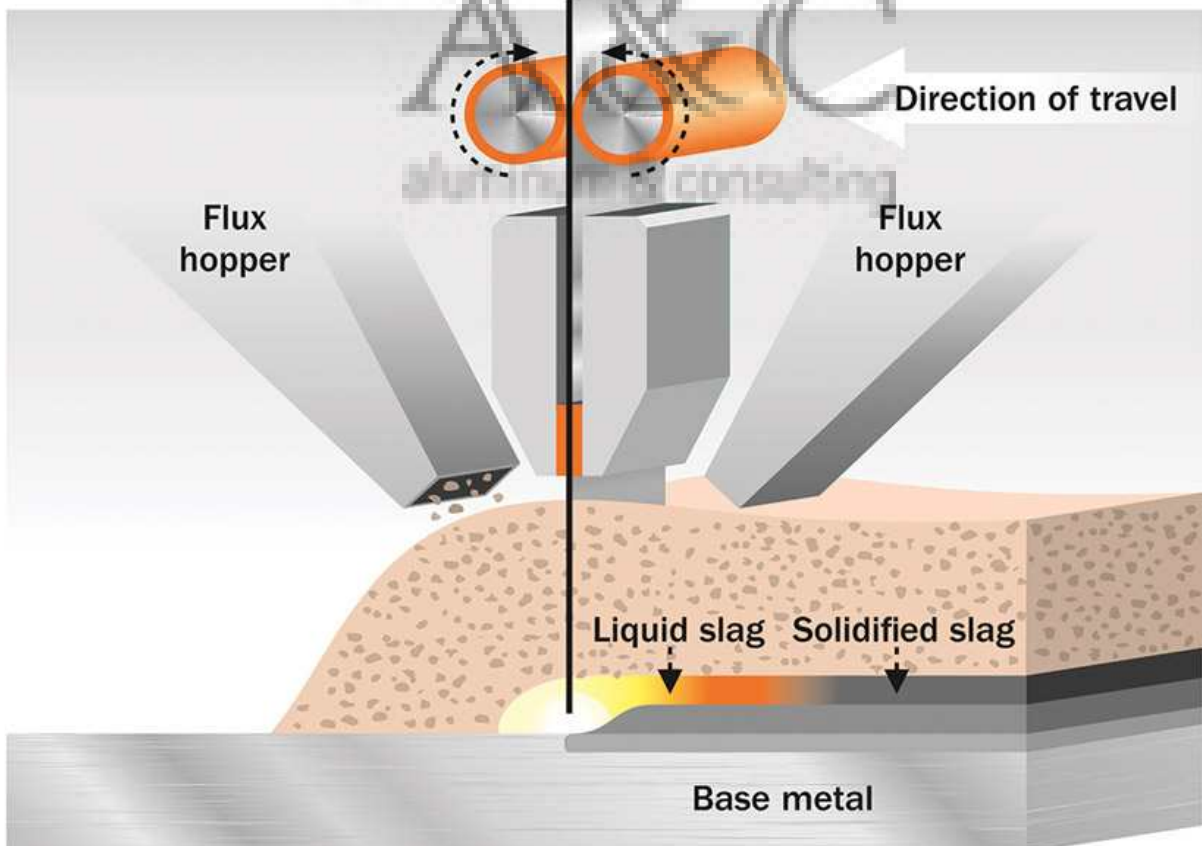
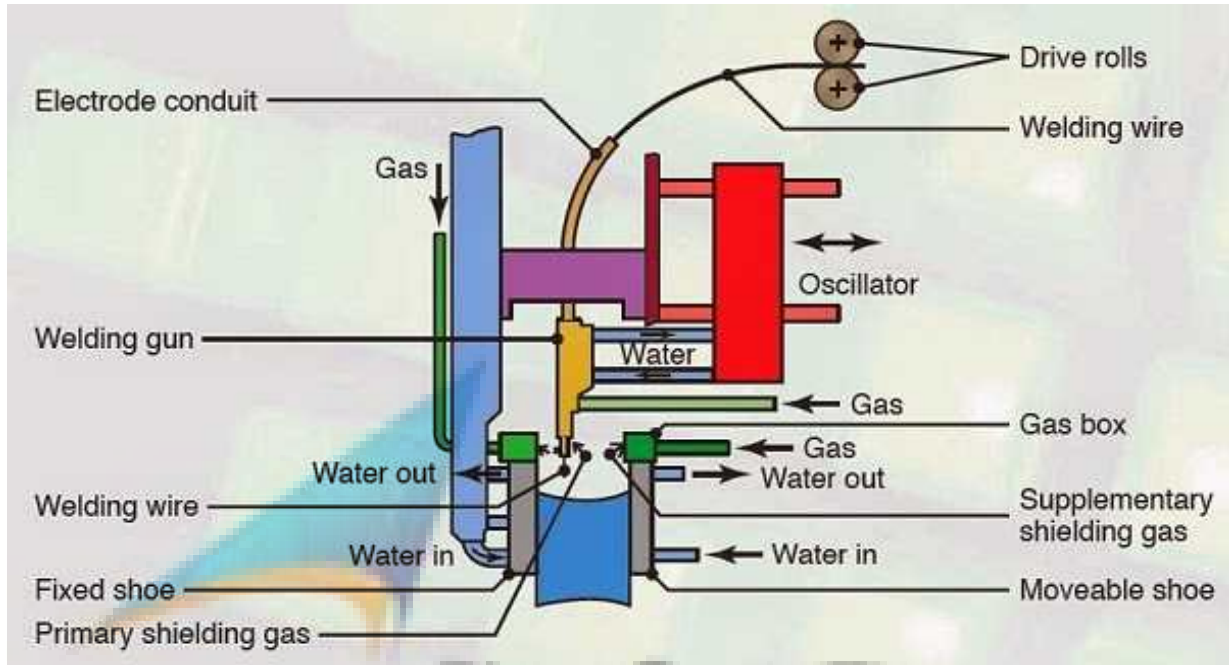
2.9. 고주파용접(高周波熔接, high frequency welding)

450kHz 정도의 높은 주파수의 전류를 용접 대상물에 흘려보내 이 때 발생하는 열로 용접하는 방법으로 전류의 공급방식에 따라 고주파저항용접과 고주파유도용접이 있으며 에너지 효율이 좋아 낮은 전류로도 용접할 수 있으므로, 전력 소모가 적고 용접 속도가 빠르며 국부적인 가열로 용접부의 산화나 변형의 위험성이 없고 강종(鋼種)의 제한이 없다는 것이 장점이다. 전류의 공급방식에 따라 두 가지로 나뉘는데, 용접 대상물에 직접 전류를 보내 용접열을 얻는 고주파저항용접과 용접물에 직접 전류를 보내지 않고 유도코일에 의해 모재(母材)에 유도된 전류의 열을 이용하는 고주파유도용접이 있다. 전류의 공급 방식은 다르나 두 방법 모두 고주파 전류에서 발생하는 저항열로 용접을 하는 점에서 기본원리는 같다. 고주파저항용접은 2개의 접촉자(contacts)를 통하여 전류를 보내고 이 때 발생하는 저항열로 모재를 가열하고 롤러(roller)로 압착하여 용접하는 방법으로, 용접이 쉬워 파이프나 튜브뿐 아니라 어떤 형상의 용접물도 용접할 수 있다. 이에 비해 고주파유도용접은 유도코일에 의해 유도된 전류 저항열로 모재를 가열한 뒤 롤러로 가압하여 용접하는 방법으로, 주로 튜브나 파이프 제작에 쓰인다. 일반 용접기에 사용되는 저주파의 경우 용접을 위해서는 높은 전류가 필요하지만, 고주파용접은 에너지 효율이 좋아 낮은 전류로도 용접할 수 있으므로, 전력 소모가 적고 용접 속도가 빠르며 국부적인 가열로 용접부의 산화나 변형의 위험성이 없고 강종(鋼種)의 제한이 없다는 것이 장점이다. 반면에 고주파를 사용하므로 설치 및 작업자의 안전관리에 각별히 주의해야 한다.



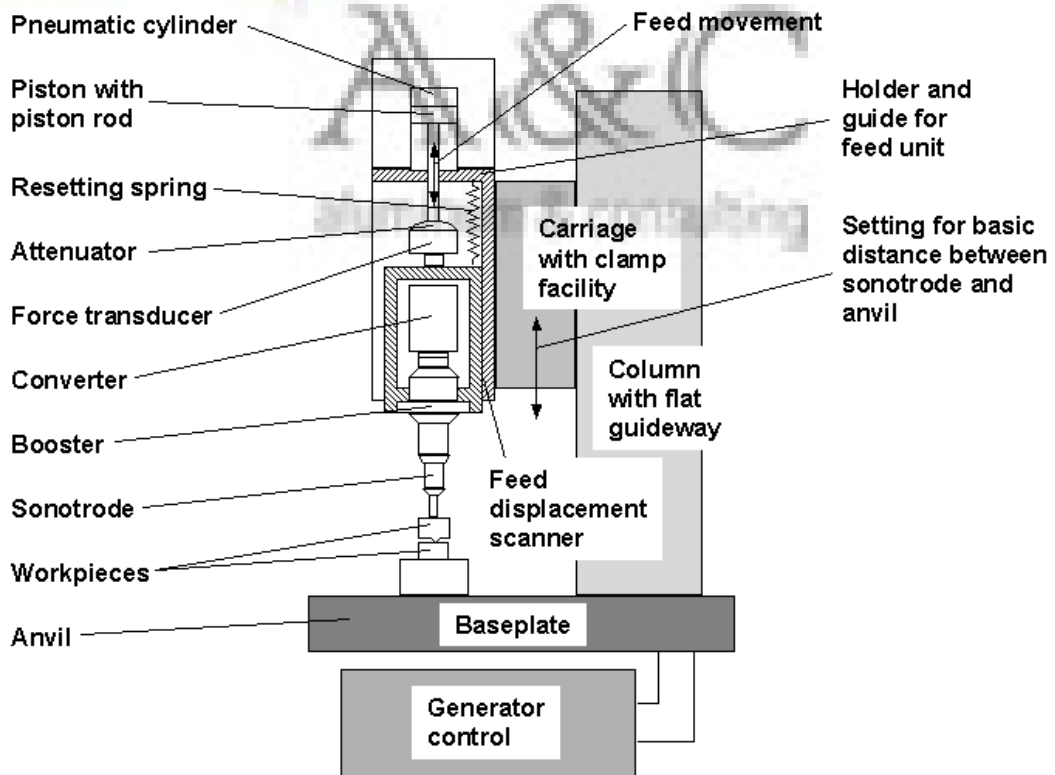
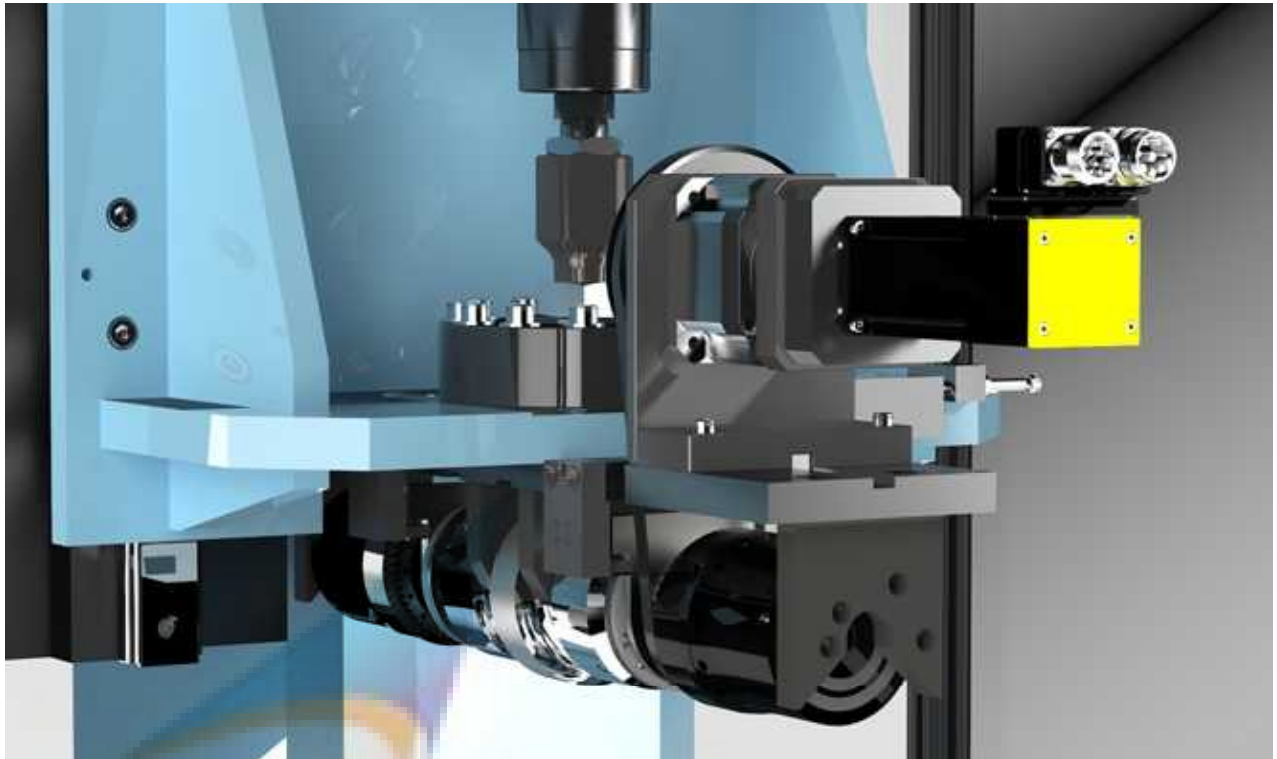
2.10. 일렉트로 슬래그 용접(electro slag welding)

용접의 일종이며, 용융 슬래그와 용융금속이 용접부에서 흘러 나오지 않게 용접의 진행과 함께 수냉시킨 구리판을 위로 이동시키면서, 슬래그 욕 속에 와이어를 연속적으로 공급하여 슬래그 속을 흐르는 전류의 저항열로 와이어와 모재의 맞댄 부분을 용융시키는 상진 용접법이다. 이 방법으로 하면 정밀도를 요하는 복잡한 홈의 가공이 필요치 않으며, I형 홈의 상태로도 용접이 가능하고, 큰 전류로 용접을 할 수 있으므로 두꺼운 판, 초후판의 용접에 적합하고, 매우 능률이 높다.



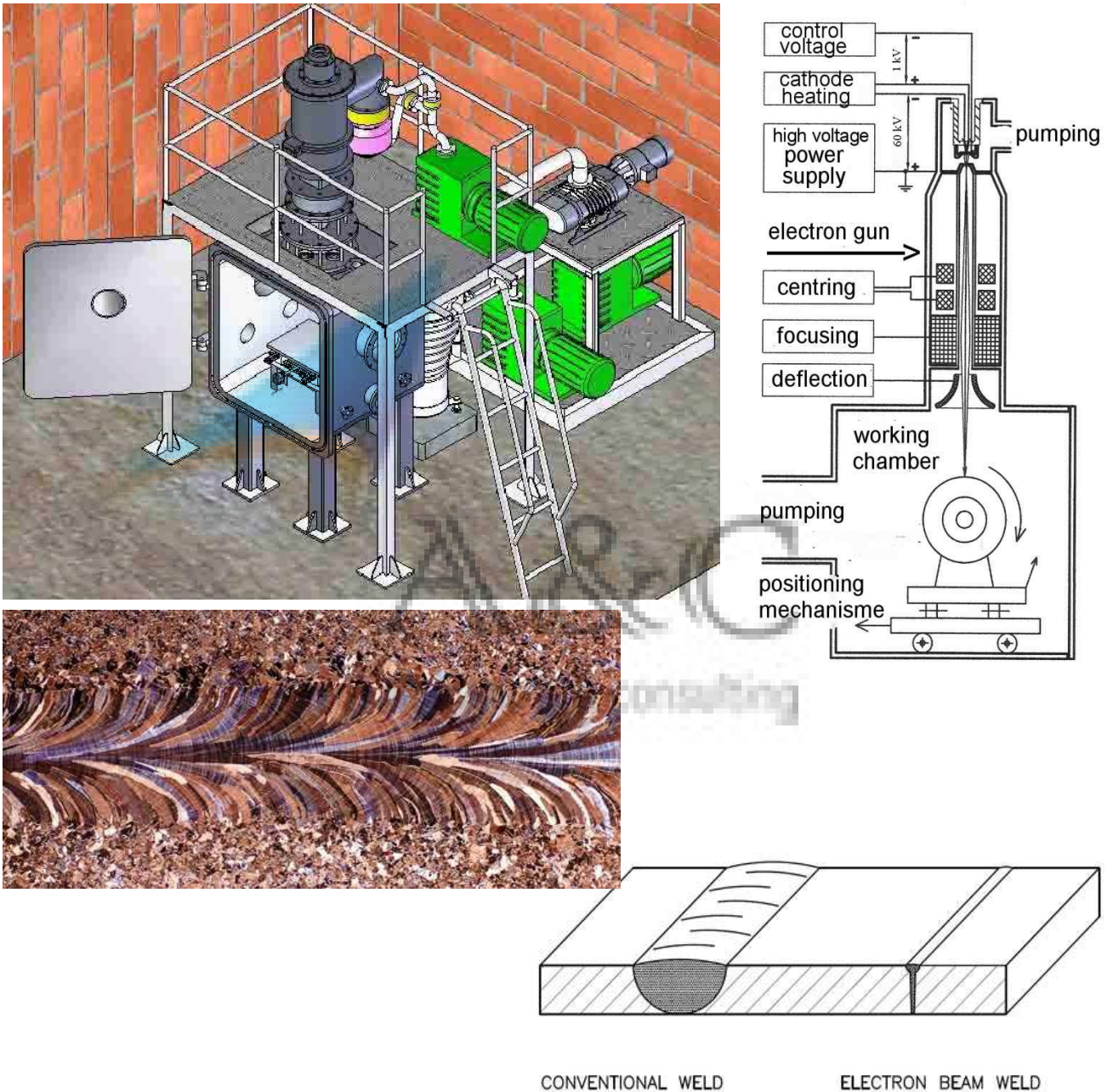
2.11. 초음파용접(超音波銲接,Ultrasonic Welding)

가벼운 하중 조건에 두 개의 용접팁 사이에 피용접재를 물리고, 가압하면서 초음파를 주어 초음파 진동을 이용하여 접합시키는 방법이다. 연강과 알루미늄, 플라스틱 등의 접합용으로 사용된다.



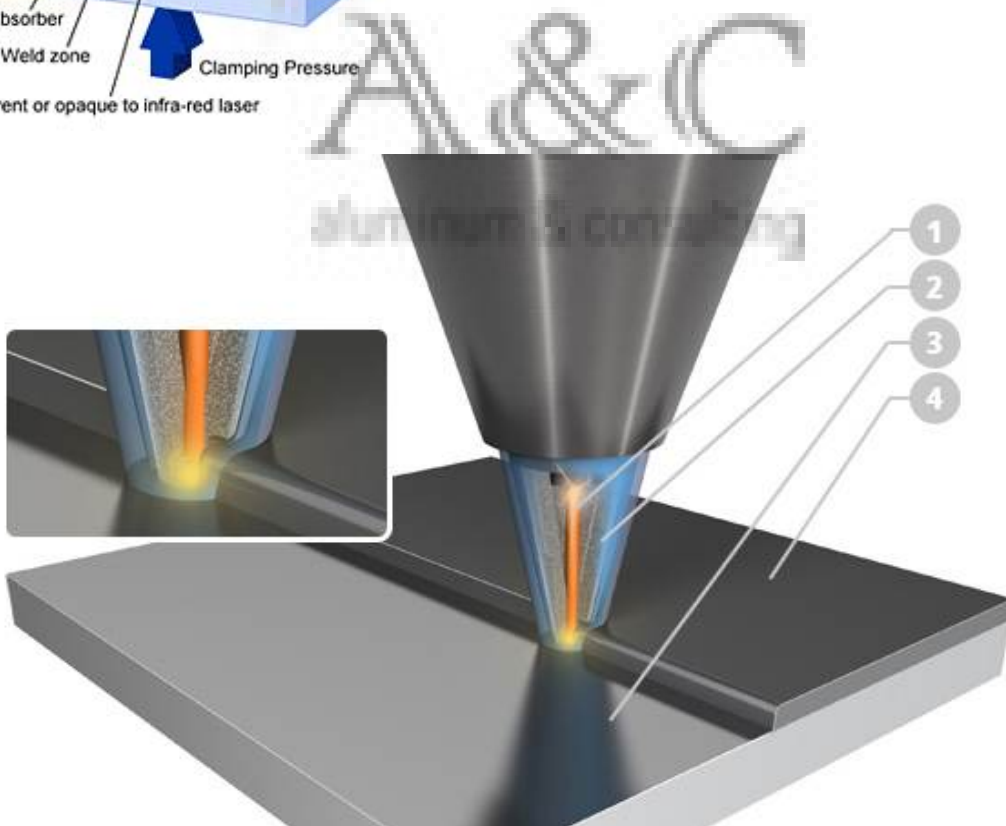
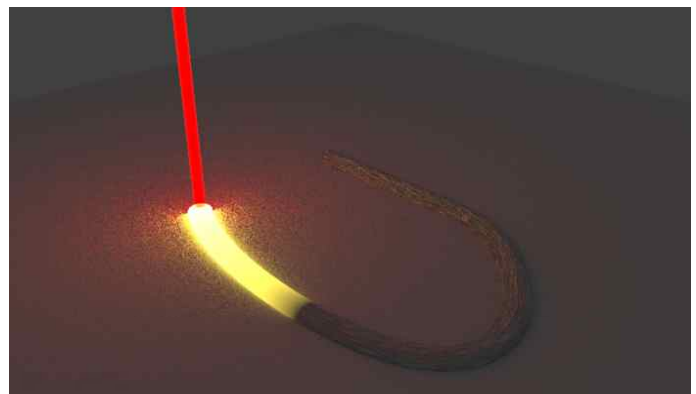
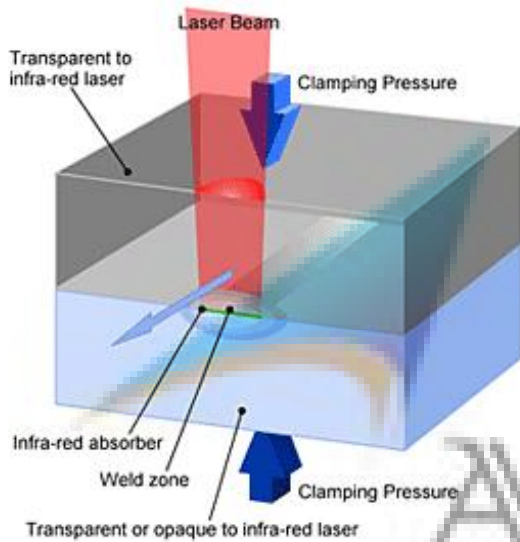
2.12. 전자빔용접(electron beam welding)

고진공 속에서 가속된 전자를 피용접물에 충돌시켜, 이 때에 생기는 충격발열을 이용하는 용접이다. 필라멘트(텅스텐)에 통전해서 열전자를 방사하여 이를 고전압 애노드에 의해서 가속하여, 집속렌즈에 의해 용접물 위에 집속(集束)시켜 고속전자가 갖는 운동 에너지가 열 에너지로 변하여 용접 개소가 가열용융되어서 용접이 된다. 용접부가 대기의 오염을 받지 않으며, 용입이 깊고, 열영향을 적게 받으며, 변형이 적게 일어나는 것 등의 이점이 있다. 진공중 가공으로서 용접 외에 용해, 절단, 천공, 증착 등에 이용된다.



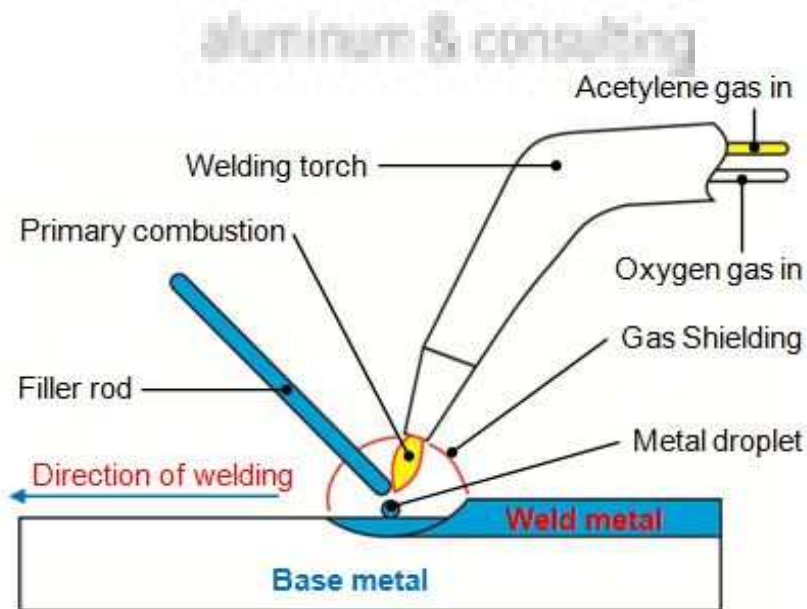
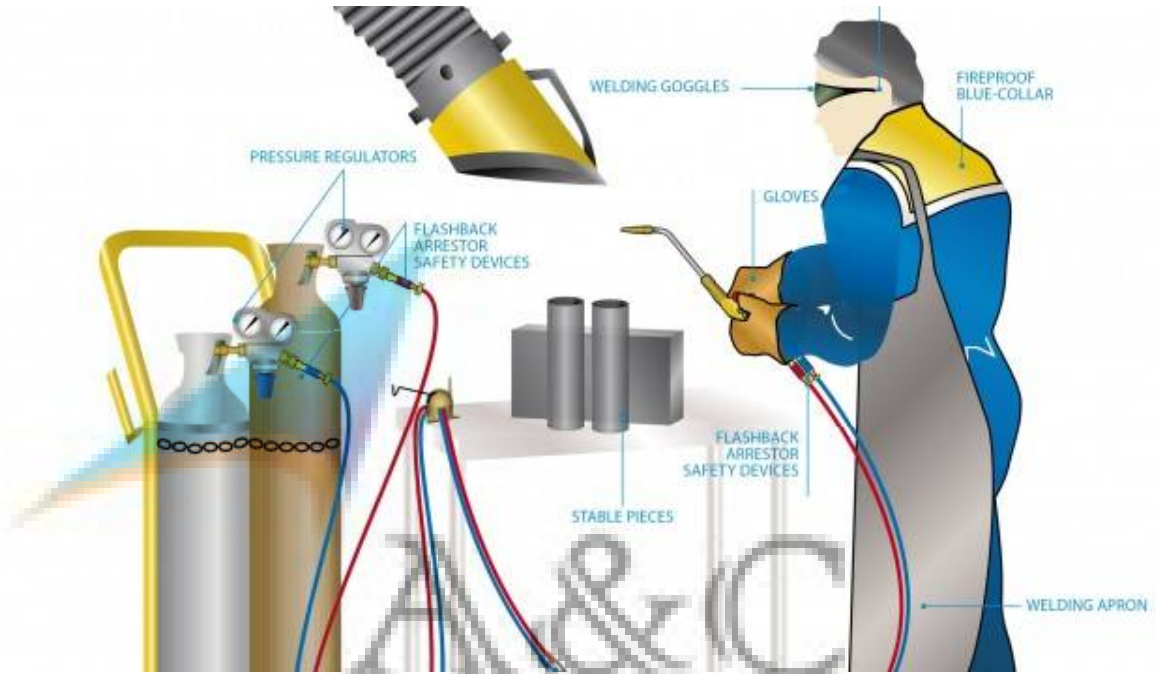
2.13. 레이저용접(laser welding)

laser는 Light Amplification by stimulated Emission of Radiation의 약어이다. 레이저 광선의 출력을 응용한 용접이다. 레이저 재료에는 고체, 기체, 액체 등이 있으나 현재로는 발진하기 쉽고, 출력이 큰 루비가 탄산가스 레이저 등에 주로 사용된다. 그 특징으로는 에너지 밀도가 높고, 고융점 금속의 용접이 가능하며, 용접 입열이 대단히 적고, 열 영향 범위가 좁으며, 열원이 빛의 빔이므로 투명재료를 통해서 어떤 분위기 속에서나 용접이 가능하다는 것 등이다. 현재 상태로는 소용량으로 전자부품과 같은 작은 물체의 용접에 적용되고 있고, 탄산가스 레이저 등이 큰 용량으로 이미 시판되어 주목을 끌고 있다. 레이저 발진기에는 CO2 레이저와 YAG 레이저가 있으며, 전자는 대출력, 후자는 저출력 용접에 사용된다. 전자 빔과 같이 높은 에너지 밀도가 얻어지며, 좁고 깊이 용합하기 때문에 피용접재의 열 변형이나 재료 특성의 열화가 적다. 구동 부품의 기어류, 새시의 정밀 부품, 보디의 박판 및 강판의 용접 등에 적용된다.



2.14. 가스용접 (gas welding)

가스가 연소할 때 내는 높은 열을 이용해서 금속의 일부를 녹여 용접하는 방법으로 아세틸렌·수소·프로페인·석탄 가스가 이용되며, 이것을 산소 가스와 혼합·점화해서 사용한다. 불꽃온도가 높은 것이 바람직하므로 보통 가스용접이라고 하면 산소 아세틸렌 용접법을 말하는 경우가 많다. 아세틸렌은 아세톤에 녹여 강철로 만든 봄베(Bomb)에 넣은 용해 아세틸렌을 사용하거나, 탄산염에 물을 작용시켜서 만드는 발생기를 사용한다. 산소는 압축되어 강철봄베에 밀폐한 것을 사용한다. 아세틸렌은 붉은색, 산소는 검은색 고무관을 통해 용접기로 보내어 여기에서 아세틸렌과 산소를 적당하게 혼합해서 점화시켜 3,000°C 정도의 고온에서 용접봉을 녹이면서 용접을 한다. 용접봉은 용접되는 금속과 같은 재질(材質)을 사용한다. 용접작업을 하는 기구를 가스용접기(gas torch)라고 한다.



3. 절삭가공(切削加工, cutting working)

칩(chip)이 발생하면서 재료를 가공하는 방법으로 절삭공구, 절삭입자 가공으로 나눈다.

3.1. 절삭가공기술(切削加工技術)

3.1.1. 기계가공 공정

기계가공(Machining)은 기계를 이용한 가공공정으로서 고상물체의 필요없는 부분을 제거하여 요구하는 형상을 얻는 공정으로서 주로 절삭(Cutting), 제거(removal)공정이라고 부른다. 여기서는 절삭가공을 말한다. 절삭가공은 공구와 소재간의 상대운동에 의하여 국부적인 변형집중을 유발하여 재료를 국부적으로 파단시키므로 이루어진다. 그 결과 절삭은 높은 치수정도, 양호한 표면 그리고 복잡한 형상의 제품을 생산하는데 주로 이용된다. 절삭가공은 통상 열간압연, 단조 혹은 주조와 같은 1차 공정에 의해서 만들어진 소재에서 수행되므로 2차 가공공정이라 부른다. 생산부품의 80% 이상은 완제품이 되기 전에 절삭가공을 거친다. 소수의 예외를 제외하면, 공작기계는 크게 두가지 형태로 나뉘어진다. 회전운동에 의하여 절삭면을 생성시키는 것과 직선운동에 의하여 절삭면을 생성시키는 것이 그것이다. 주 공정인자는 절삭속도 v , 절삭깊이 d , 송입량 f 이다. 길이 L_w 인 원주표면을 가공하기 위하여 소재를 L_w / f 만큼 회전시켜야 한다. 만약 분당소재 회전수가 n_w 이면 그때 한 패스(pass)에 소요되는 시간은 $t = L_w / f \cdot n_w$. 중공실린더의 내부를 가공하는 경우를 보링(boring)이라 부른다. 아주 큰 작업물의 경우에는 축에 대하여 수직으로 회전하는 수직 보링기 위에 올려놓고 작업한다. 웨이핑은 하나의 끝을 가진 공구가 작업물 표면을 직선적으로 왕복 운동하는 공정이다. 평평한 표면을 만드는 가장 효과적인 방법중의 하나가 밀링 공정이고, 밀링커터는 여러 개의 날을 가진 공구이다.

3.1.2. 알루미늄의 절삭 특성

알루미늄은 철강재료나 다른 비철재료에 비하여 절삭성이 비교적 우수 하여서 다른 가공법에 비하여 효율적이면서 정밀한 금속 부품이나 제품 제조에 적용이 계속 확대되고 있다. 절삭가공성은 절삭저항의 크기, 공구 수명 정도, 가공면의 상태, 절삭재의 성질 등을 고려하여 그 중에 하나 또는 두 가지를 종합하여 양호, 불량을 평가한다. 알루미늄 합금은 보통 철강재료나 동합금 재료에 비하여 절삭에 필요한 에너지가 적다. 열전도성이 우수하여 절삭시에 발생하는 열의 제거가 용이하여 고속절삭, 깊은 절삭깊이, 대량 절삭량이 가능하다. 같은 가공 조건인 경우 동이나 철강재료에 비하여 약 2/3~1/2로 절삭저항이 적다. 알루미늄은 양호한 열전도성으로 가공날 끝에 발생하는 열은 절삭분, 재료자신 및 냉각재로 방출 제거되어 비교적 낮은 온도에서 공구가 조작 된다. 따라서 공구수명은 황동이나 강에 비하여 장시간이 된다. 2011의 경우 쾌삭소재는 자동선반작업에서 2~10일의 공구수명을 가져서 고정도, 고능률, 장시간 안정적인 절삭가공이 가능하다. 그러나 내마모 Al-Si 합금과 같은 경우는 초경 이나 다이아몬드공구로서 사용하여야 한다. 재질에 따라 사상면의 품위나 정도에는 현저히 변한다. 보통 고강도 알루미늄(2000, 4000, 7000)계열은 평활하여 광택이 있는 사상면을 얻을 수 있다. 또한 일정한 사상 품위를 얻고자 고속절삭이 가능하다. 2011, 2017, 5056 등의 경우 통상 선반의 최고속도에서도 좋은 사상면을 얻을 수 있다. 한편 저속절삭에서는 구성날단에 부착이 되어 사상성이 나빠지기도 한다. 그 대책으로서 공구표면을 정밀하고 평활하게 연마하고 윤활하면서 냉각을 충분히 하며 절삭을 하는 것이다. 순 Al이나 3003 등은 강도가 낮아서 바이트의 접근각을 20~30도, 이송각도 5~10도 크기로 한다. 알루미늄합금의 열팽창계수가 강의 약 2배로 비교적 크므로 절삭시 과도한 온도 상승은 재료, 기계 모두에 바람직하지 않아서 적절한 냉각 및 윤활재를 사용하여야 한다. 초기절삭이나 사상절삭인가에 따라 중간에 냉각을 실시하기도 한다. 강가공재나 청재는 절삭시에 잔류응력의 균형이 달라져 변형이 발생할 수 있다. 이러한 경우 냉각방법, 냉각온도 등의 열처리를 조정으로 잔류응력을 최소화 하여야 한다. 5056계 합금에서는 안정화처리온도를 높여서 인발가공에 의한 잔류응력을 약하게 하는 공부가 필요하다

절삭분은 절삭공구와 재료간에 남거나 가공재의 정도 및 공구의 파손 사공에 직접 영향을 미친다. 절삭분의 제거는 자연낙하나 절삭유재에서 흘러 나가는 방식으로 하며 자동선반에서는 절삭분처리가 중요 요소이다. 적절한 절삭조건에서는 잘 분단된 절삭으로 제거된다. 보통 리본형상 이나 flake 모양이며 바이트 표면에 조크나 V형의 새김 눈금을 통하여 절삭분의 파괴가 바람직하다. 알루미늄은 고속가공이 많아서 다른 소재 에 비하여 절삭분이 빠르게 축적된다. 반면 비중이 작아서 낙하속도가 느리다. 특히 구멍 가공시에는 적절한 제거를 위하여 다량의 절삭유를 사용 하기도 한다. 드릴, 탭, 리머 등의 공구를 사용하는 경우 절삭분의 용이한 제거를 위하여 도랑으로 흘러가도록 연마 가공하는 것이 좋다.

3.1.3. 알루미늄합금의 절삭성

알루미늄합금의 절삭성의 경향은 연질재가 가장 나쁘므로 가공각을 크게하고 공구날을 연마사상하여 가공하여야 한다. 비열처리 합금은 냉간 가공경화에 의해서 절삭성이 향상되고 열처리경화 합금은 보통 절삭성이 좋다. 주조재에서도 같은 경향으로서 주조상태 보다 안정화처리(T5), 용체화 및 시효 열처리(T6)를 하는 것이 보다 절삭성이 개선된다. 여러 알루미늄합금 중에서 절삭성이 가장 우수한 A2011-T13 재를 A로 기준하여 5등급으로 구분하여 본 절삭특성이다. 2011은 대표적인 과삭합금으로 저용점금속을 합금화하여 절삭분 처리가 용이하며 자동선반에 적합하다. 고도의 기계적 성질을 가져 약전기부품, 자동차부품, 피스, 볼트, 너트, 풀리 베어링 등에 사용된다. 내식성이 떨어져 장식용이나 분위기에는 양극산화처리 등의 표면처리를 한다. 표준재질별로는 T3, T8, T6(관)이 있고 절삭량이 많고, 절삭분 배제가 중요한 경우에는 투자를 사용한다. 미세하고 깊은 드릴구멍, shaping 가공 같이 엄밀한 절삭조건에서나 양극산화처리 후 내식성이 요구되면 T3 쪽이 T8보다 유리하다. 근래에 환경보호의 관점에서 첨가한 저용점금속으로서 납(Pb)의 사용이 제약을 받고 있어서 Pb free의 새로운 과삭성 합금의 개발 실용화가 기대되고 있다. 5056은 비열처리재로서 강도가 높고 내식성이 우수하며 절삭면의 표면사상도 양호하다. 또한 양극산화 후 사상면도 미려하고 균일하여 카메라, 약전자부품, 악기 등의 장식성이 큰 기계부품에 널리 사용되고 있다. 절삭분이 연속화되는 경향이 있지만 바이트에 가이드홈을 내어 절삭배제를 효과적으로 하여 자동선반작업도 가능하고 있다. 2017, 2024는 고강도소재로 유명하여 기어 등의 기계부품으로 사용되고 있고 특히 절단, 깊은 구멍가공에는 2017의 환봉 각봉이 적합하다. 절삭분은 연속적으로 나오나 끊어진다. 알루미늄 합금 중에 내식성이 낮은 합금이어서 양극산화처리 및 기타 표면처리가 필요하다.

3.1.4. 절삭조건 및 주의사항

알루미늄 합금 가공시 공정의 길이,조작의 성격, 요구되는 사상의 품질수준, 공차 등의 요소가 절삭 공구재료를 결정하지만 보통은 초경공구를 사용한다.여기에 고속절삭공구 수명 및 초정밀사상의 점에서 소결다이아몬드나 천연다이아몬드 공구가 보급되어있다.(표 3-6-2,3-6-3)은 알루미늄 합금에서 선반가공과 드릴가공시의 권장되는 가공조건이다. 알루미늄의 절삭은 표면사상을 위하여서는 공구 각을 크게 가져가는 쪽이 유리하다.알루미늄의 절삭가공시의 주의사항들을 보면 다음과 같다.

- 1) 절삭공구 및 공구지지구는 정밀사상을 하여야 한다.
- 2) 사용기계나 그 주변기구에서 이동이나 진동 등이 없어야 절삭시의 굽힘이나 불안정감이 없으므로 충분한 지지구조를 가져야 한다. 그러나 알루미늄의 탄성률이 낮아 필요이상의 체결이 가해지면 열팽창이 가해지면 그 치수나 형상의 변형 및 변화가 나타나는 위험이 있다.
- 3) 2001을 제외한 합금의 절삭분은 breaker를 사용하여 파쇄할 필요가 있지만 다시 재료에 부착되는 것을 방지하기 위하여 다량의 절삭유를 공급하여 신속하게 절삭분을 처리하여야 한다.
- 4) 증산이 요구되면 이송속도를 일정하게 하고 적절한 깊이로 절삭속도를 높이는 쪽이 좋다.
- 5) 박육제품의 절삭의 경우 이송속도를 낮추는 것이 필요하다.
- 6) 절삭력을 낮추고 얇은 절삭분을 만들어 가공날을 최소화하기 위하여 가공각도를 어느 범위에서 크게 하는 것이 좋다.

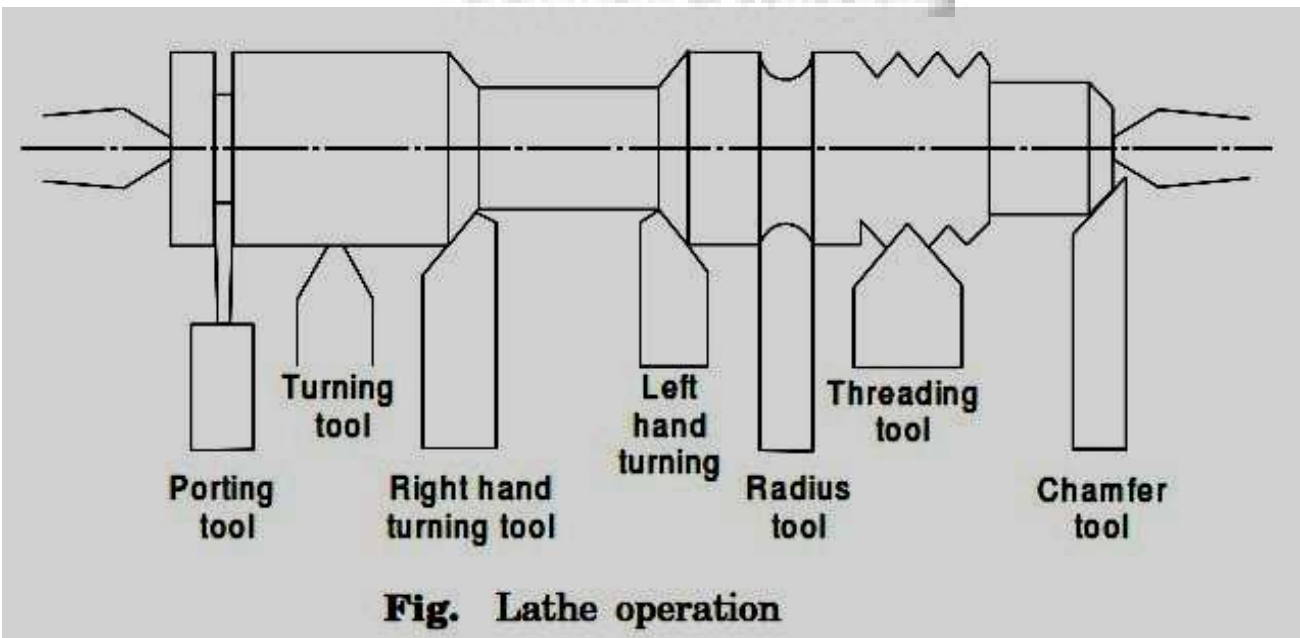
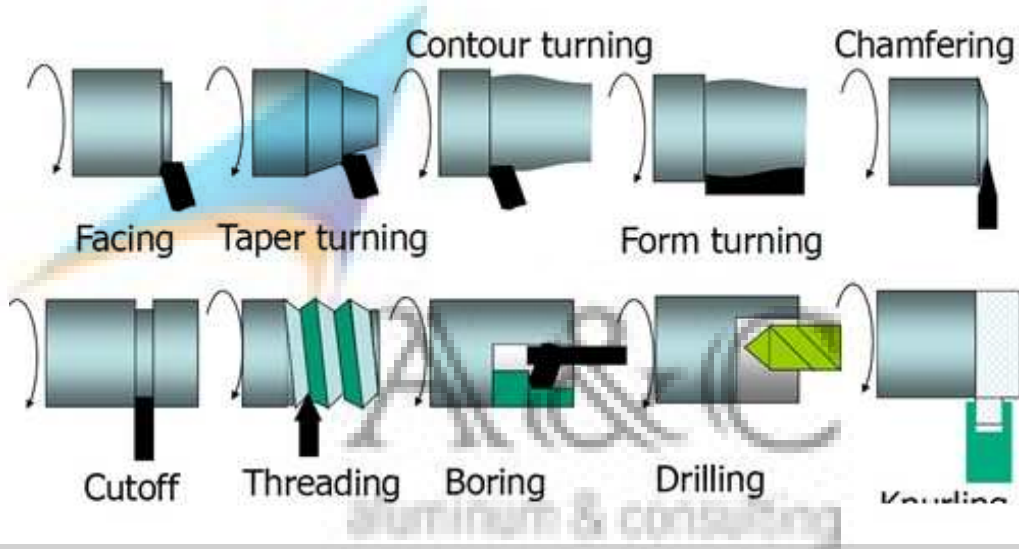
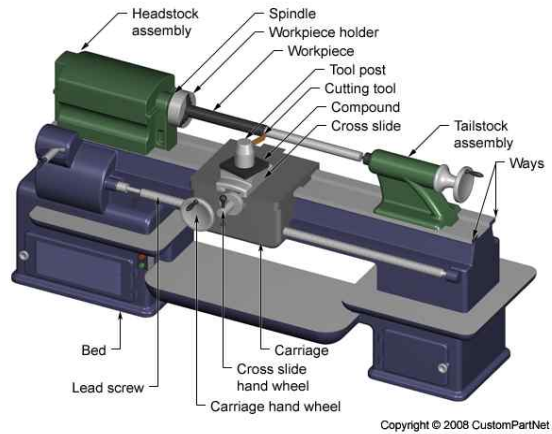
절삭유제의 목적은 냉각과 윤활로서 필요한 기능에 따라 다양한 재질과 수량이 사용된다. 보통 양을 많이 하는 것이 유리하다. 냉각을 목적으로 하면 유동성이 좋은 저점성의 광유에 수용성유류를 사용하여 다량의 열을 흡수, 제거한다. 여기에서 보다 우수한 기능을 가지도록 경광유에 5~10% 올레인산과 라도오일을 첨가한 경우 구성날이 감소하고 절삭공구의 부착이 감소하며 제거가 개선되어 고속절삭, 중절삭에 사용하고 있다. 알루미늄의 경량성, 우수한 전기, 열전도성, 공구날 형상과 절삭면의 우수한 재현성을 이용하여 자기기록 디스크, 전자복사용 드럼 등에 조도 0.1~1.0um의 초정밀연삭도 가능하다. 유체베어링을 이용한 초정밀선반이나 다이아몬드공구를 사용한 고속절삭에서 이루어진다. 이에 적합한 소재는 3000, 5000, 6000 합금들인데 scratch나 미소결함을 방지하고 수소가스나 개재물 및 정출물이 최소화되도록 용해공정 이후에 특별히 관리한다.



3.2. 공구절삭

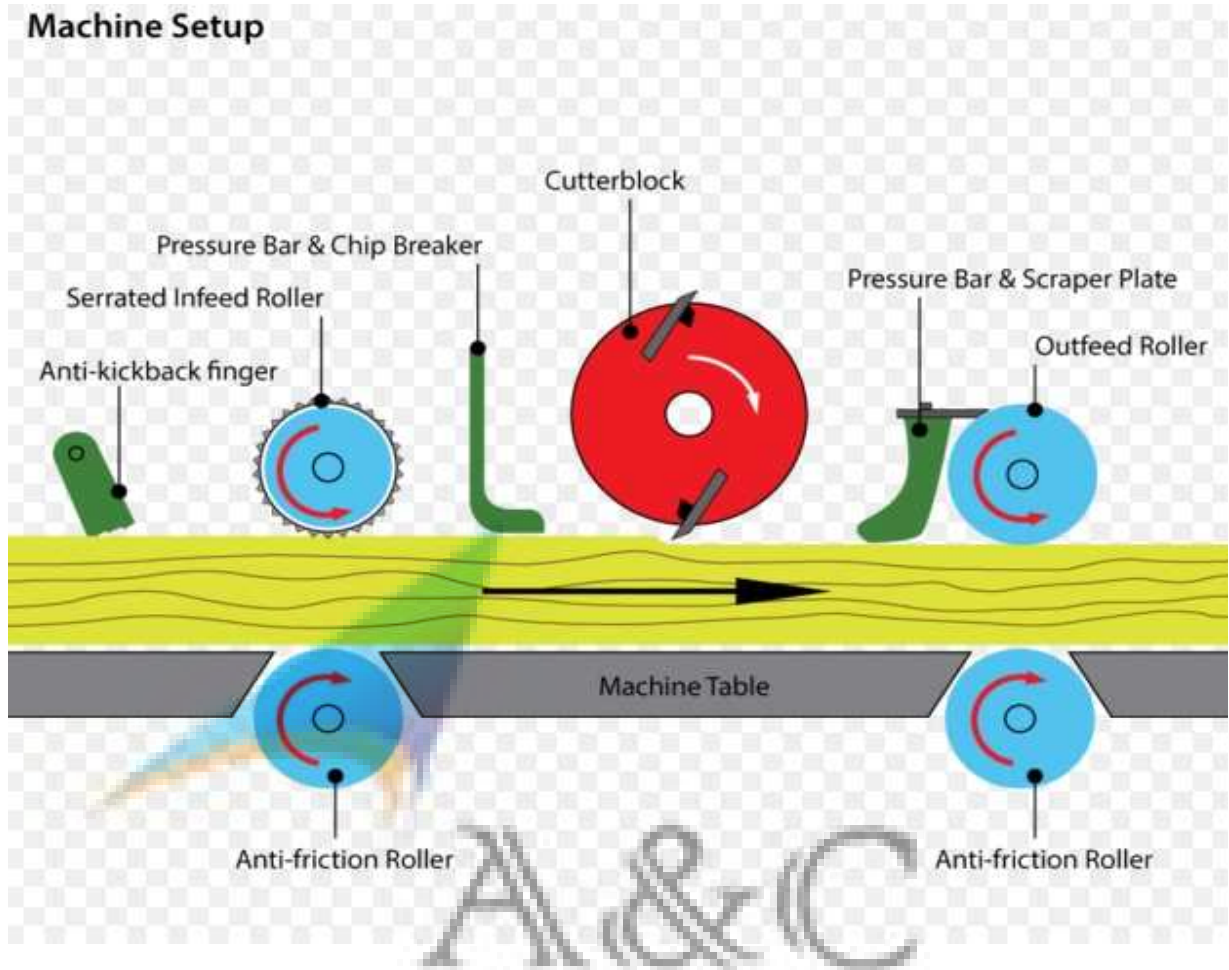
3.2.1. 선삭(Lathe Turning)

선반 등의 공작 기계에 절삭 공구를 사용하여 제품을 절삭 하는 방법



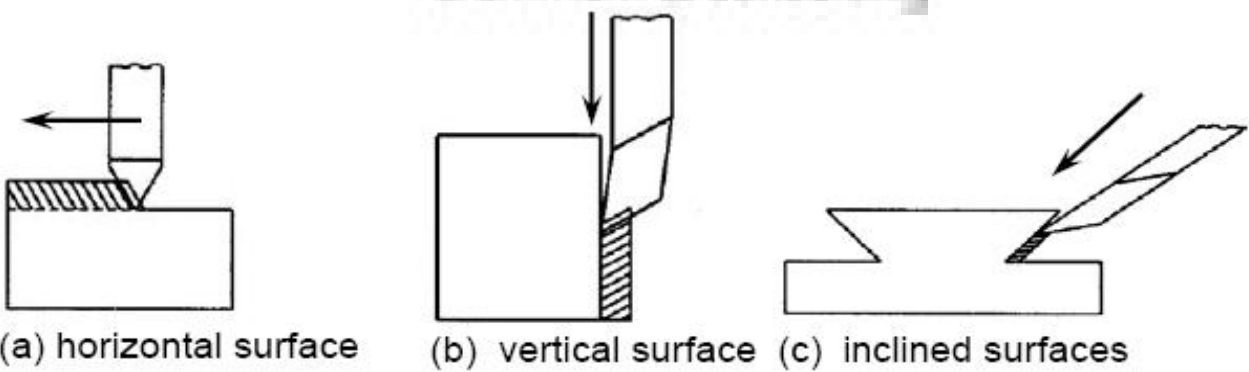
3.2.2. 평삭(Planing)

평삭기에 의한 절삭법, 형삭을 할 수 없는 가공면이 좁고 긴 평면, 홈 절삭



3.2.3. 형삭(Shaping)

일반적으로 피삭재의 모서리, 측면 또는 둘레의 회전삭에 의한 절삭.



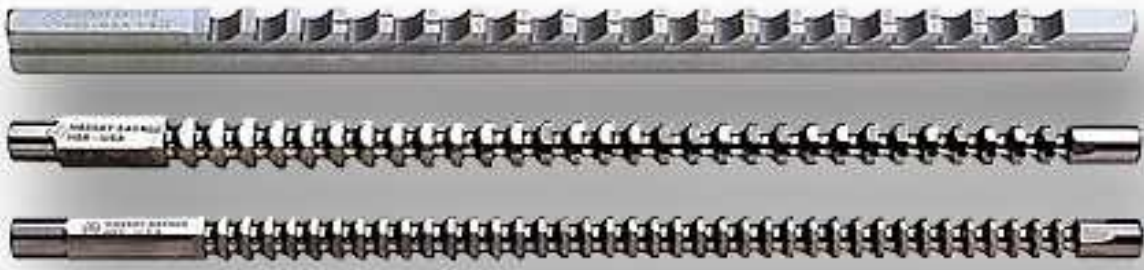
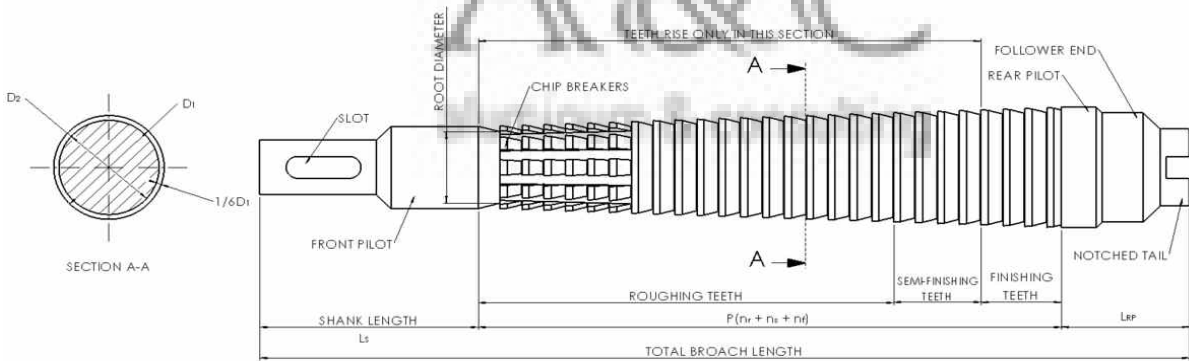
3.2.4. 슬로터(Slotter)

슬로팅머신이라고도 한다. 전후 좌우로 움직이는 테이블 위에 회전테이블이 있으며 그 위에 공작물을 놓는다. 램 끝에 장치한 절삭공구가 위아래로 움직여서 절삭을 한다. 평면절삭, 곡면바퀴의 키홈, 스플라인 구멍 등의 절삭에 사용된다.



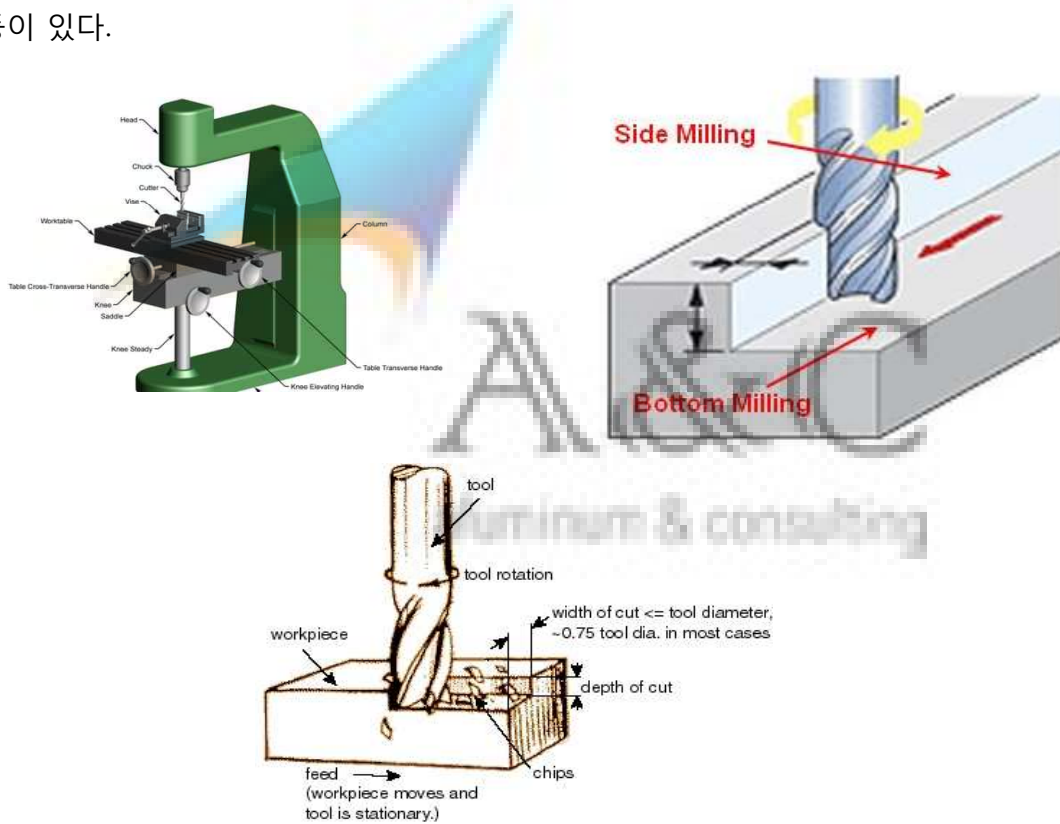
3.2.5. 브로칭(Broaching)

각종 브로치를 사용하여 공작물의 표면 또는 구멍의 내면에 여러가지 형태의 절삭가공을 실시하는 공작기계. 호환성을 요하는 부품의 양산(量産)에 적당하다.



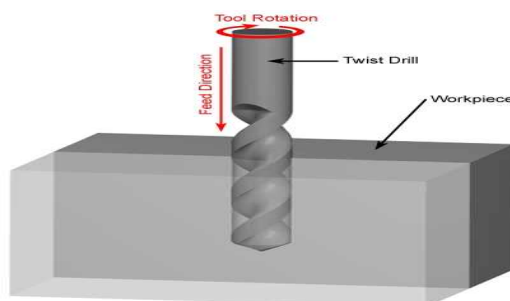
3.2.6. 밀링(Milling)

프라이스반(盤)이라고도 한다. 적당한 밀링커터를 사용함으로써 평면절삭·홈절삭·절단 등 복잡한 절삭이 가능하며, 용도가 넓다. 밀링커터를 장치하여 회전운동을 하는 주축(主軸)과 가공물을 장치하여 이송하는 테이블이 있으며, 그 구조에 따라 니형(무릎형)·베드형으로 분류한다. 또, 주축이 수평인 것을 수평형, 세로로 된 것을 직립형이라고 한다. 가장 많이 사용되고 있는 것은 니형으로, 주축은 컬럼의 상부에 수평으로 조립되고, 테이블과 새들을 얹은 니(무릎)가 상하로 활동(滑動)한다. 새들은 주축방향으로 움직이고, 새들 위의 테이블은 새들과 직각방향으로 움직이게 되어 있다. 구동용(驅動用) 전동기·전동장치 등은 컬럼 안에 조립되어 있다. 니가 없고 테이블은 베드 위를 왕복하기만 하는 것이 베드형이며, 이 중에서 강력한 절삭을 할 수 있고, 테이블이 미리 정해진 일정한 사이클로 운동하는 같은 제품의 대량생산에 적합한 것을 생산 밀링머신이라고 한다. 만능(萬能) 밀링머신은 수평 밀링머신의 테이블이 선회할 수 있는 형이다. 가공물을 임의의 각도로 분할절삭하거나 기어의 제작, 공구의 절삭 등에 사용된다. 직립 밀링머신은 주축머리가 세로 방향으로 장치되어 있어, 정면 밀링커터를 사용하여 평면절삭을 하는 데 편리할 뿐 아니라, 엔드밀 등의 커터로 홈의 절삭·측면절삭도 할 수 있다. 이 밖에 전용기(專用機)도 많으며, 공구 밀링머신·나사 밀링머신 등이 있다.



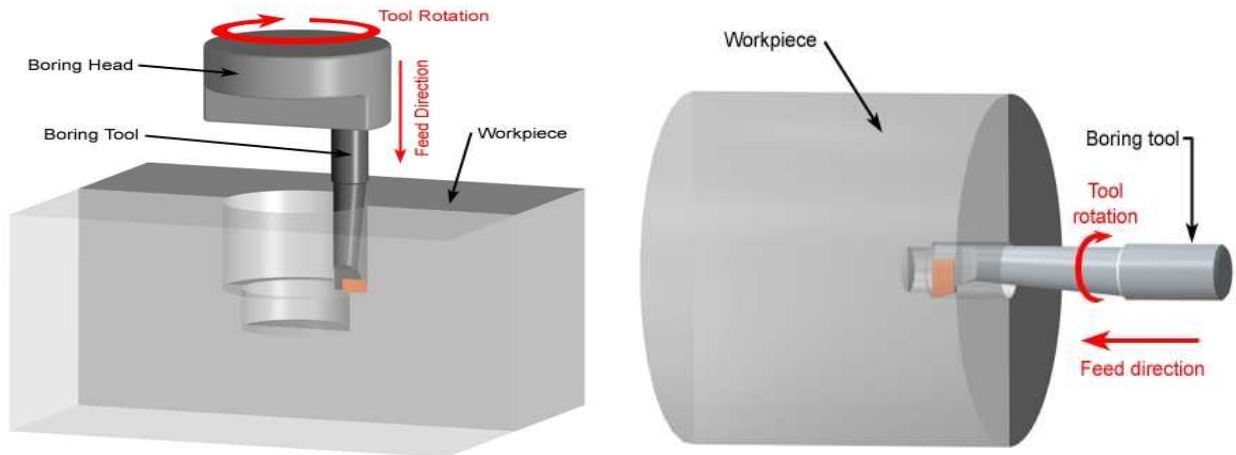
3.2.7. 드릴링(Drilling)

드릴로써 구멍을 뚫는 작업



3.2.8. 보링(Boring)

기계가공에 있어서 이미 뚫려 있는 구멍을, 둥글게 깎아 넓히는 작업



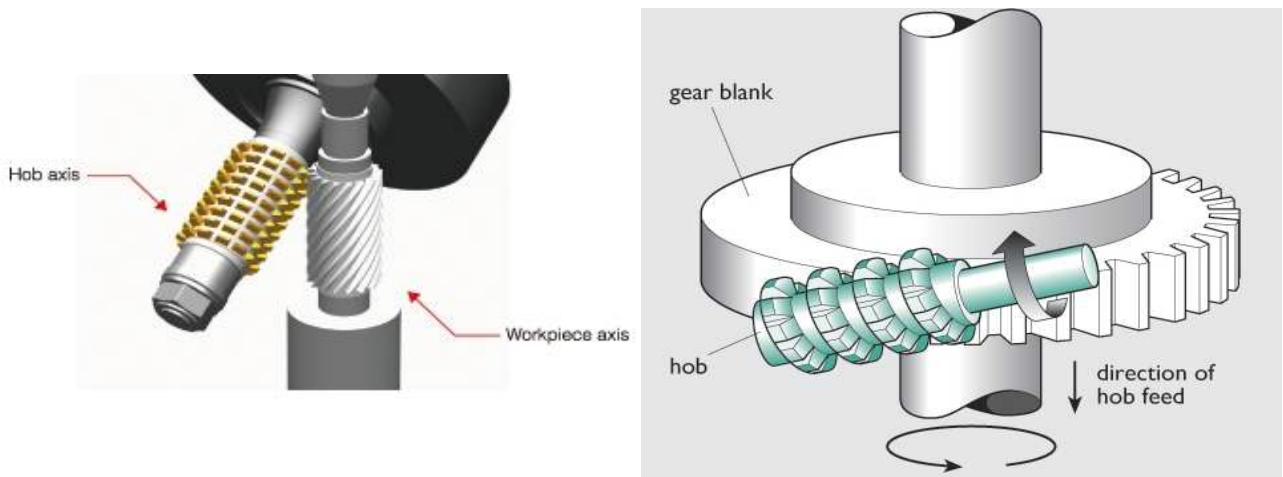
3.2.9. 태핑(Tapping)

나사 가공을 위한 작업 탭을 이용해서 나사를 가공하는 방법



3.2.10. 호빙(Hobbing)

호브를 사용하여 호브 머신으로 기어의 톱니를 가공하는 것을 말한다.

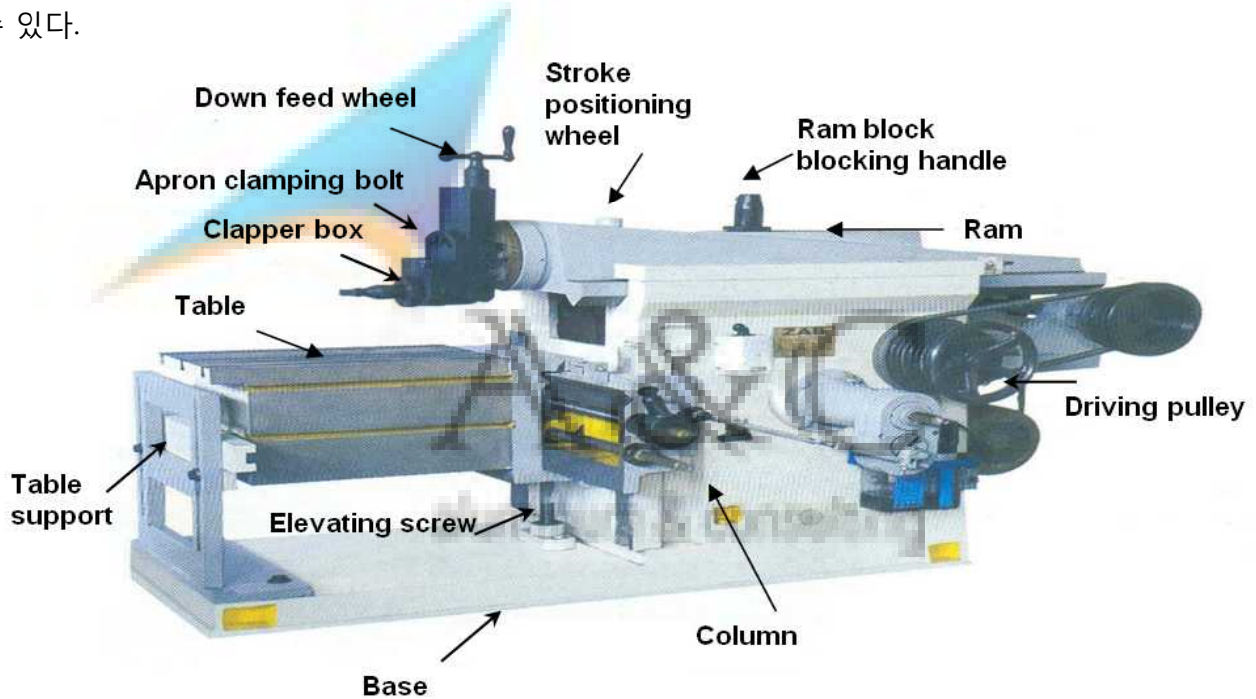


3.2.11. 셰이핑(Shaping)

평면을 기계가공 하는 가장 일반적인 것이며, 절삭공구가 공작물에 대해 왕복운동하며 공작물은 수평방향의 이송을 주어서 평면에 절삭한다. 셰이퍼 기계의 크기는 램의 절삭공정 즉 절삭할 수 있는 길이에 따라 호칭된다. 셰이퍼 가공에는 수평절삭, 수직절삭, 측면 절삭, 홈 절삭 등이 있다. 또 부속장치를 사용하면 곡면 절삭, 기어 절삭도 할 수 있다.

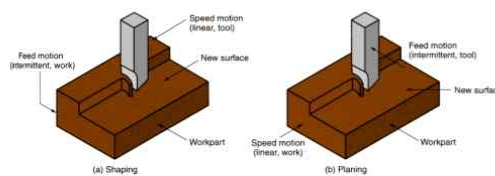
(1) 구조상에서 셰이퍼기계는 램이 전진할 때만 절삭하고, 뒤로 복귀할 때는 전혀 절삭하지 않기 때문에, 시간손실이 있다. 이 시간적 손실을 조금이라도 적게 하기 위해 복귀할 때는 앞으로 나갈 때보다 빠르게 움직이도록 하는 구조로 되어 있다. 또, 왕복운동을 하기 때문에 진동이 발생하기 쉽고, 또 램이 앞으로 돌출했을 때 절삭저항 때문에 위로 들어올려지거나 테이블이 고꾸라지는 등의 원인 때문에 정밀도를 보증할 수 없다. 미리 0.1~0.2mm 정도의 오차를 예상해 둘 필요가 있다.

(2) 셰이퍼기계의 종류 : 램의 운동방향에 따라서 가로형 셰이퍼와 수직형 셰이퍼 등이 있다. 그러나 대부분이 가로형 셰이퍼이다. 또, 이송 운동방식에서 보면 대부분은 테이블에서 하는 직주식(直柱式) 셰이퍼이지만, 램 쪽에서 이송을 하는 횡행식 셰이퍼도 있다. 특수한 것으로 귀환절삭 셰이퍼 기계가 있다. 이것은 램이 후퇴할 때 절삭하는 것이므로 진동을 일으키지 않고 강력한 절삭을 할 수 있다.



Shaping and Planing

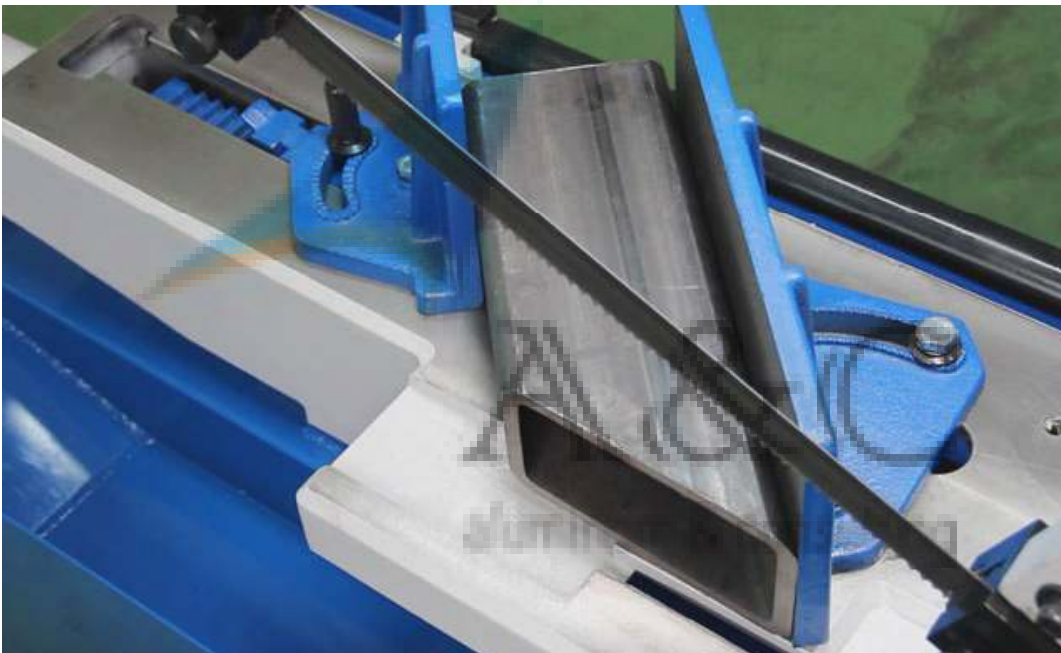
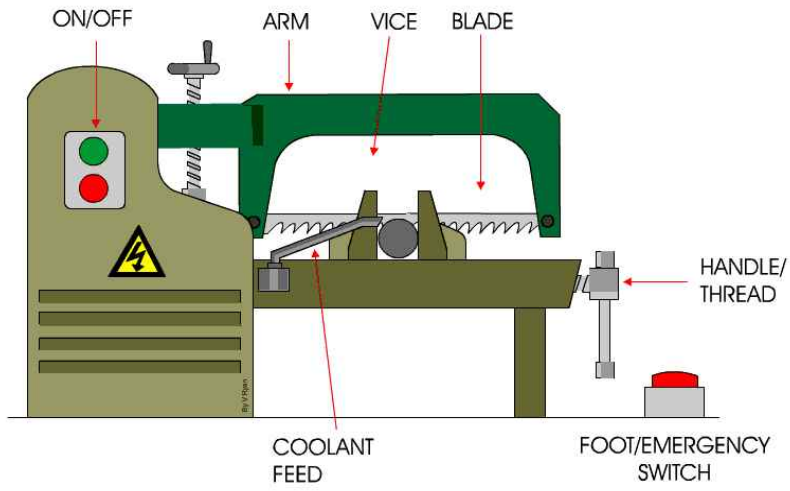
- Similar operations
- Both use a single point cutting tool moved linearly relative to the workpart



(a) Shaping, and (b) planing.

3.2.12. 톱(saw)

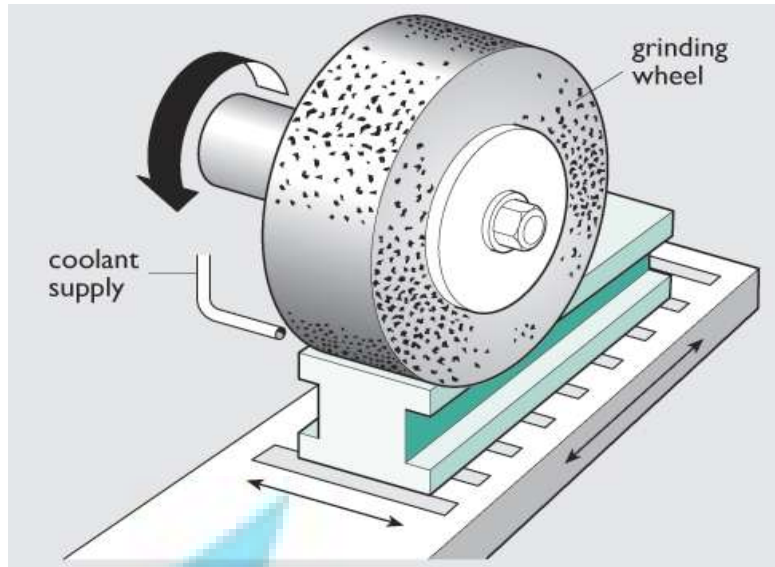
활톱(hacksaw), 줄톱(band saw), 원형톱(circular saw)



3.3. 입자절삭

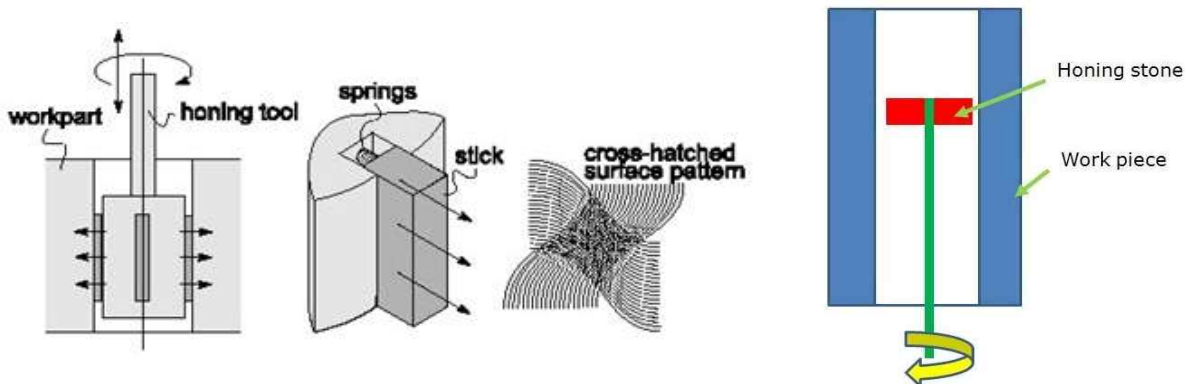
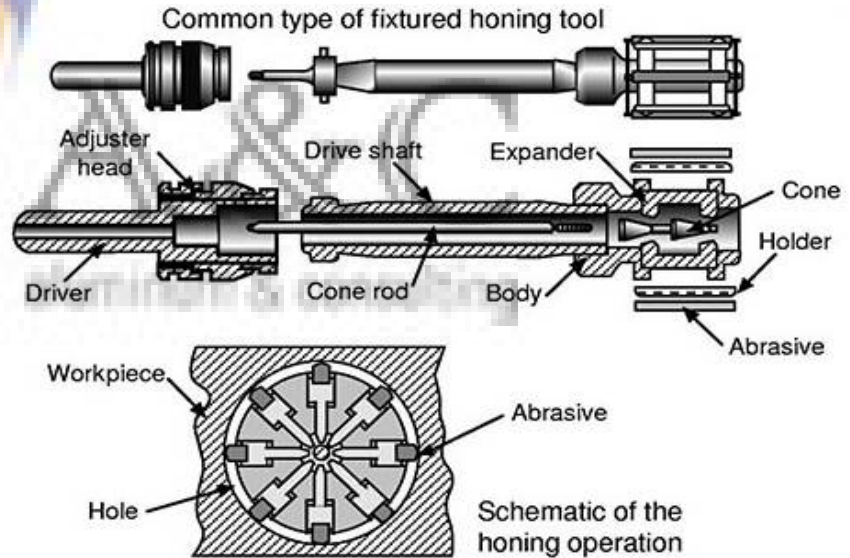
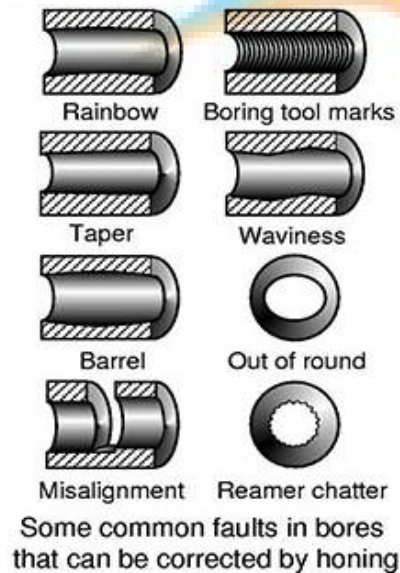
3.3.1. 연삭(Grinding)

연삭 슯돌을 고속회전시켜 공작물의 평면이나 원통면을 극히 소량씩 절삭하는 가공법



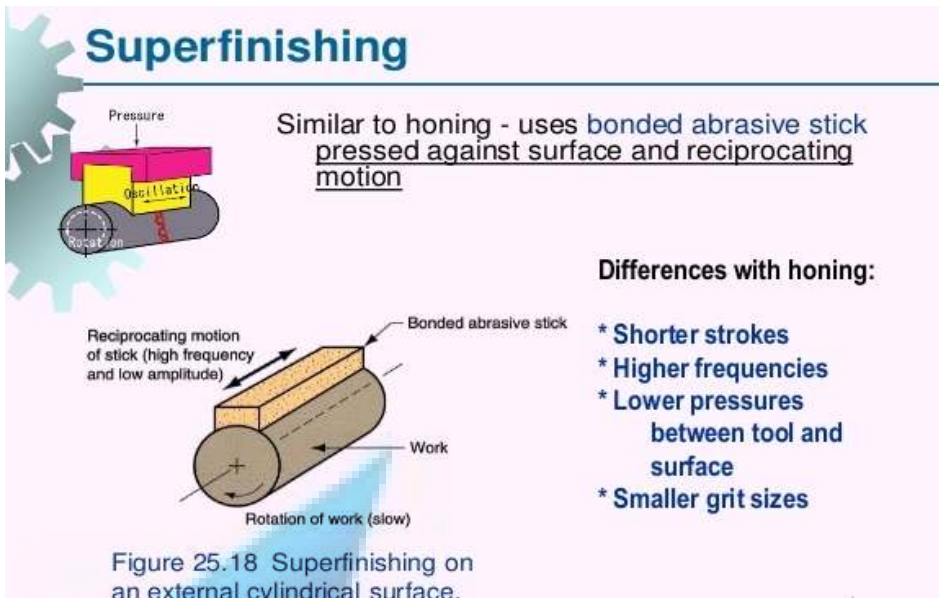
3.3.2. 호닝(Honing)

보링, 리밍, 연삭 가공 등을 끝낸 원통 내면의 정밀도를 더욱 높이기 위하여, 막대모양의 가는 입자의 슯돌을 방사상으로 배치한 호원(hone)으로 다듬질하는 방법을 호닝(honing)이라 한다.



3.3.3. 슈퍼피니싱(Super Finishing)

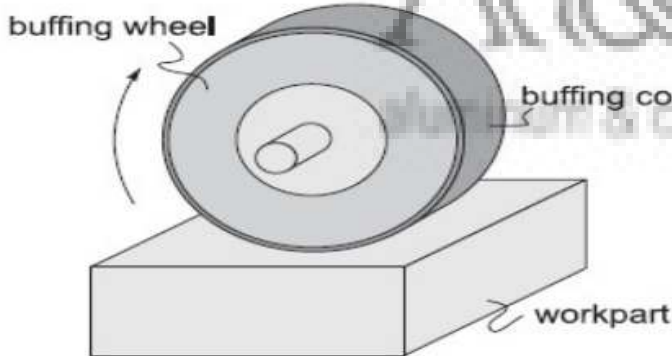
정밀 다듬질. 공작물의 표면에 눈이 고운 슷돌을 가벼운 압력으로 누르고, 슷돌에 진폭이 작은 진동을 주면서 공작물을 회전시켜 그 표면을 마무리하는 가공법 특히 정도(精度)가 높은 가공을 할 수 있다.



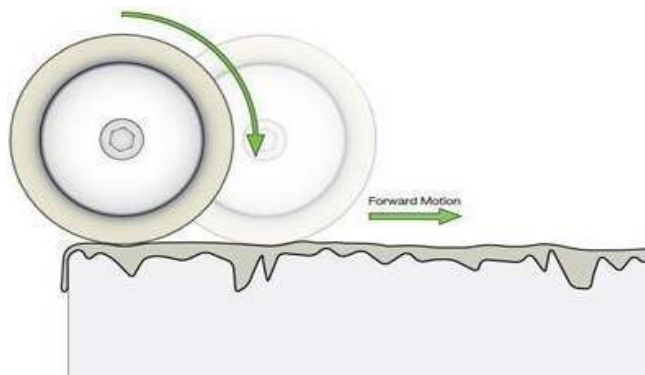
3.3.4. 버프연마 (Buffing)

천 또는 적당한 물질의 연마 바퀴를 사용해서 그 표면에 버프 연마제를 발라서 하는 연마 방법. 연마의 정도에 따라서 하지 연마, 마무리 연마, 광택 연마를 분류한다.

Buffing

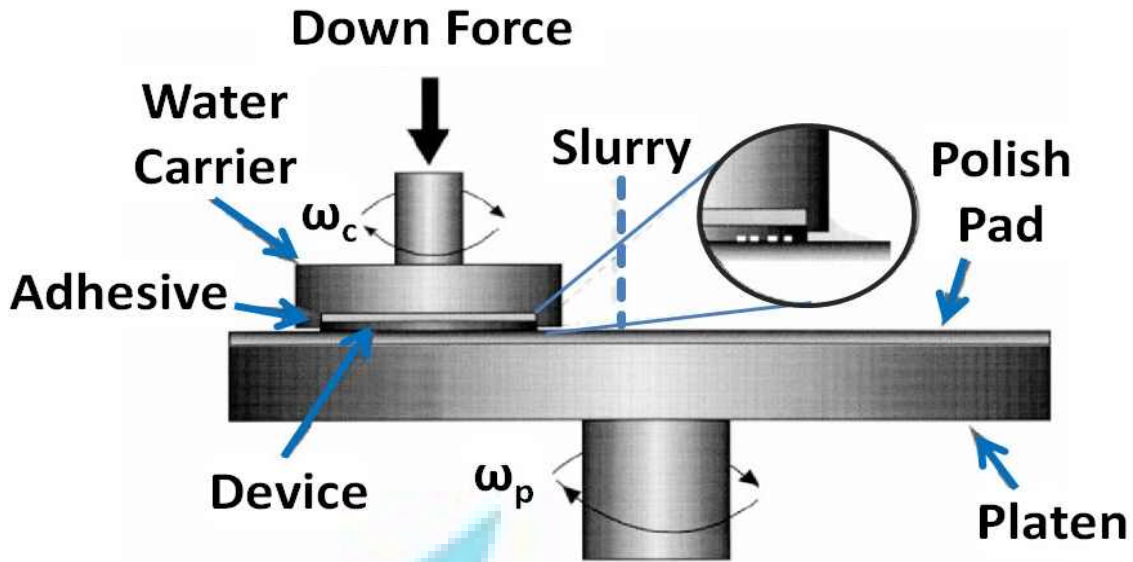


Schematics of the buffing operation.



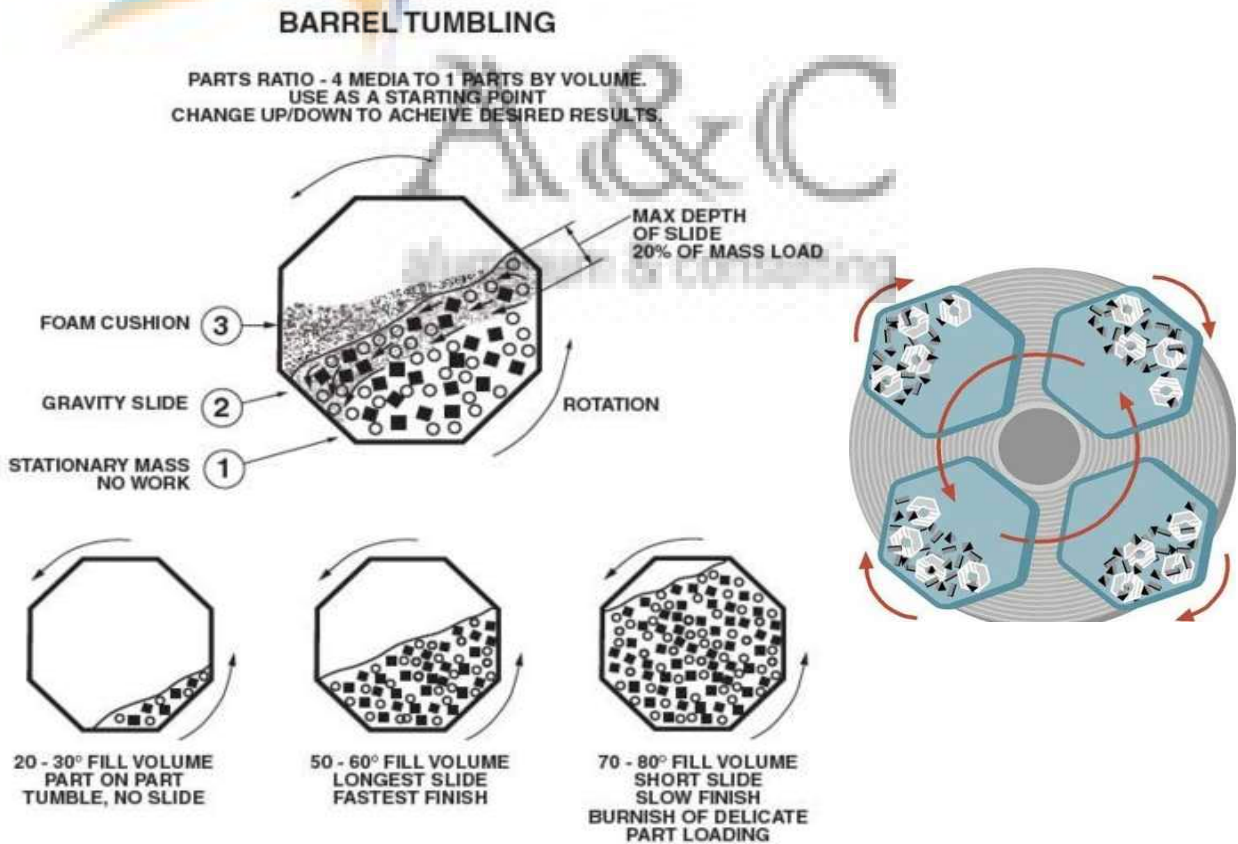
3.3.5. 래핑(Lapping)

래핑제를 사용하여 공작면을 다듬질 하는 작업



3.3.6. 배럴(Barrel)

배럴(나무 또는 금속으로 만든 각이 진 통) 속에 가공물과 물, 연마제 및 컴파운드를 넣고 여러 시간 계속해서 통을 회전시키거나 진동시켜 공작물의 표면을 연마하거나 광택을 내는 가공법.



4.CNC가공(computer numerical control)

컴퓨터 수치제어. 기계를 만드는 기계인 공작기계를 자동화한 것이 NC공작기계다. NC공작기계는 정밀하게 기계를 가공할 수 있지만 내장된 기능과 방법이 고정돼 간혹 오동작을 일으키기도 한다. CNC 공작기계는 컴퓨터를 내장해 프로그램을 조정할 수 있어 오동작을 크게 줄일 수 있다. 소형 컴퓨터를 내장한 NC공작기계. 가공형상·가공조건·가공동작 등의 데이터를 컴퓨터에 의해 자동 프로그래밍을 하여 NC데이터로 변환시키고 펄스 신호화 된 상태로 보유하고 필요에 따라서 공작기계를 가동한다

4.1. 머시닝센터(machining center)

주축(主軸)의 운동 방향에 따라 수직형 MC와 수평형 MC, 수직·수평형의機種(機種)으로 구분한다. 머시닝센터의 운동은 직선운동·회전운동·주축회전의 세 가지가 있으며, 이들 운동은 수치제어(數値制御:NC) 서보와 NC스핀들에 의해 위치결정과 주축속도가 제어된다. 머시닝센터의 구성은 기계 본체와 20~70개의 공구를 절삭조건에 맞게 자동적으로 바꾸어 주는 자동공구교환장치(automatic tool changer:ATC) 및 NC장치로 되어 있다. 단 한 번의 세팅으로 다축가공(多軸加工)·다공정가공이 가능하므로 다품종 소량부품(多品種少量部品)의 가공공정 자동화에 유리하다.최근 머시닝센터에 충분한 작업량을 확보해 주기 위한 장치로 PC(pallet changer, 또는 pool)와 기계가공의 신뢰도를 높이기 위한 기능으로, ① 가공 감시기능, ② 자동계측·보정기능(補正機能), ③ 적응제어(adaptive control:AC), ④ 고장 자기진단기능 등이 부가되어 기계가공과 가공공정의 유연성을 증대시키는 자동화(flexible manufacturing system:FMS)의 구실을 한다.

2 axis vertical machining center

3 axis vertical machining center

4 axis vertical machining center

5 axis vertical machining center

6 axis vertical machining center

7 axis vertical machining center

2 axis horizontal machining center

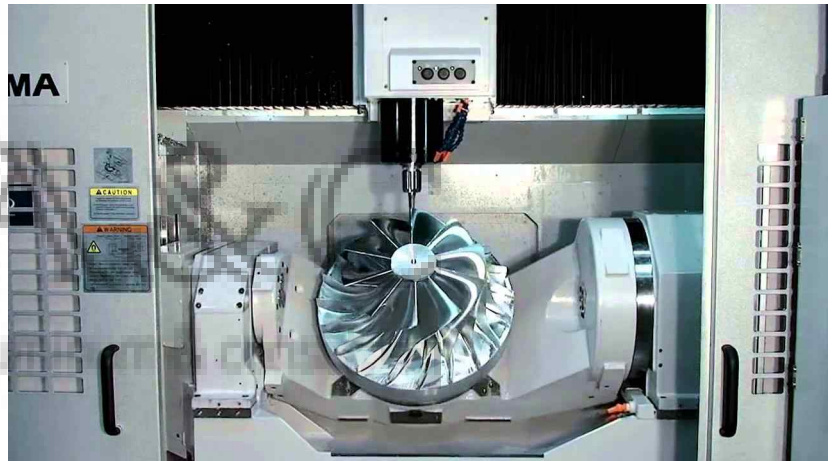
3 axis horizontal machining center

4 axis horizontal machining center

5 axis horizontal machining center

6 axis horizontal machining center

7 axis horizontal machining center



5 axis vertical machining center



4.2. 태핑센터(tapping center)

주로 드릴링,태핑,소량의 절삭을 위한 공작기계이며 절삭속도가 뛰어나 고속가공에 주로 쓰이며,절삭 물이작고 다량생산에 적합한 공작기계이다.

cnc tapping center



4.3. 터닝센터(turning center)

선반을 조합한 것으로 준비 기능(G기능), 주축 기능(S기능), 보조 기능(M기능), 이송 기능(F기능), 공구 기능(T기능) 등 외에 테이퍼절삭, 원호절삭, 나사절삭, 원점오프셋, 공구 위치 오프셋 등을 비치한 것이 많다. 미니 컴퓨터를 내장한 CNC 장치를 가진 것은 거친깎기의 시퀀스의 자동결정이나 공구 노즈 반경 보정의 기능을 비치한 것이 있다.

- 2 axis cnc horizontal turning center
- 3 axis cnc horizontal turning center
- 4 axis cnc horizontal turning center
- 5 axis cnc horizontal turning center
- cnc vertical turning center
- cnc multi spindle turning center



turning center chuck

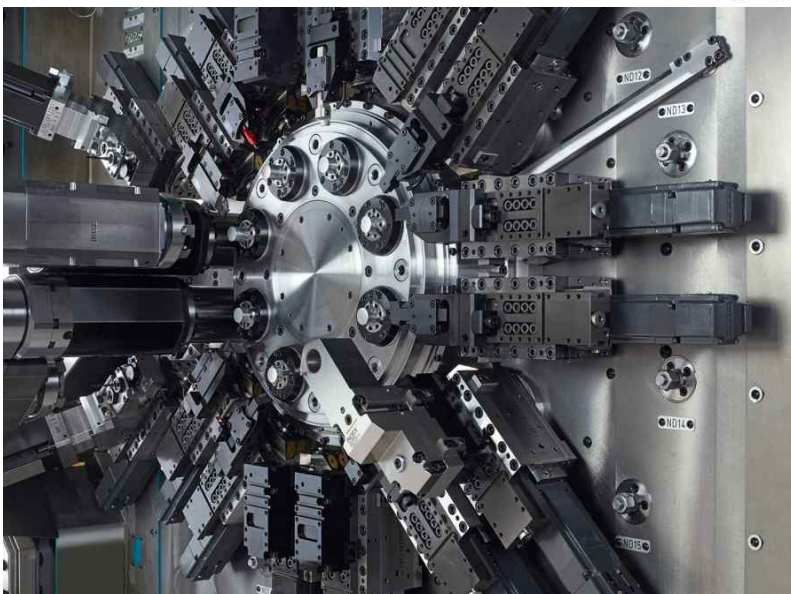


6" center solid hydraulic chuck	8 tool station hydraulic turret	Hydraulic tailstock	Chuck and tailstock foot pedal
NSK precision spindle bearing	X/Z ball screw	X/Z linear guide way	hydraulic system hydraulic station
Electric cabinet cool and heat exchanger	Centralized lubrication system	Side chip conveyor	chip car

tool parts



cnc vertical turning center



cnc multi spindle turning center

4.4. 보링머신(boring machine)

기계가공에 있어서 이미 뚫려 있는 구멍을, 둥글게 깎아 넓히는 작업을 주목적으로 하는 공작기계.가공물을 테이블 또는 마룻바닥 위에 장치하고 보링용 공구를 회전시켜서 작업한다. 대형 또는 복잡한 모양의 물건에, 여러 종류의 구멍을 가공하는 데 편리하다. 대부분의 보링머신 작업을 하는 흔히 쓰는 기계는 수평 보링머신·지그 보링머신·정밀 보링머신 등이 있다. 대량생산에 사용되는 전용기계는 다축(多軸) 또는 특수한 구조로 되어 있으며, 가공물을 회전시키는 선반(旋盤) 형식의 보링머신도 있다.

cnc vertical boring machine

cnc horizontal boring machine

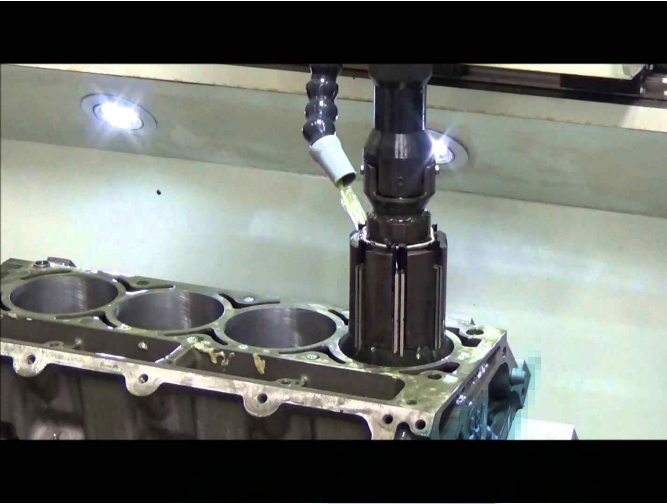


4.5. 호닝머신(honing machine)

내연 기관의 실린더 내면을 보링하는 것만으로는 표면에 화이트 자국이 남으므로 슷돌로 혼 가공을 하여 평활한 내면으로 다듬질하는 기계이다.원주 속도는 40~70m/min이고 거친 호닝 압력은 10~30kgf/cm², 다듬질 호닝의 압력은 4~6kgf/cm²이다.

cnc vertical honing machine

cnc horizontal honing machine



cnc horizontal honing machine

cnc vertical honing machine



vertical honing tool

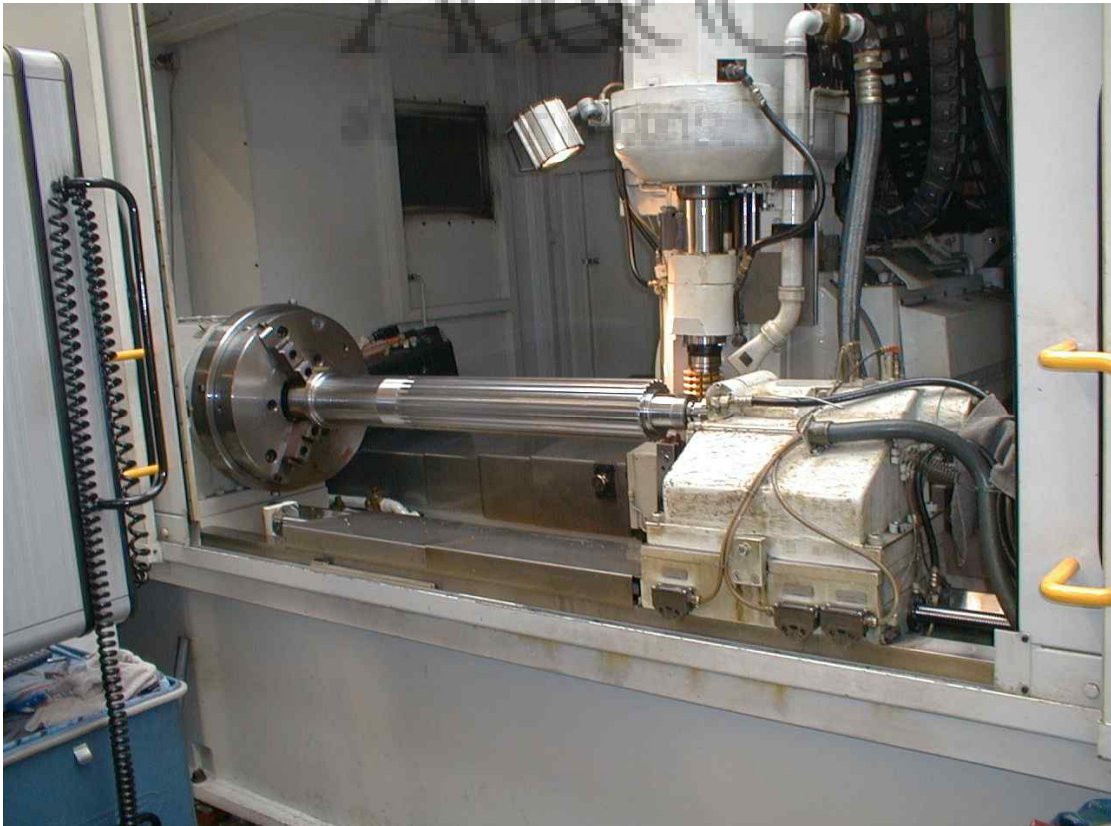


cnc horizontal tube honing machine

4.6. 호빙머신(hobbing machine)

평기어·헬리컬기어 및 웜기어 등의 기어를 절삭할 수 있는 가장 일반적인 기어 절삭용 공작기계. 수직 호빙머신과 수평 호빙머신이 있다. 웜과 웜기어가 맞물려 있는 상태에서 기어 절삭을 한다. 소재(素材)는 테이블 중심에 있는 심봉에 끼우고 테이블 밑에 있는 웜에 의해 회전한다. 이 소재에 호브라고 하는 커터를 회전시키면서 눌러 절삭한다. 호브는 외줄 또는 두 줄의 웜으로 그 이[齒]가 커터로 되어 있다. 호브와 소재와의 관계위치 및 회전을 적당히 함으로써 평기어를 절삭할 수가 있고, 또 비스듬히 이송할 때는 헬리컬기어를 수평으로 깎아 들어가면 웜기어를 절삭할 수 있다. 수에 따라 커터를 바꿔 끼우거나 하나씩 계산할 필요가 없기 때문에 작업능률이 오른다.

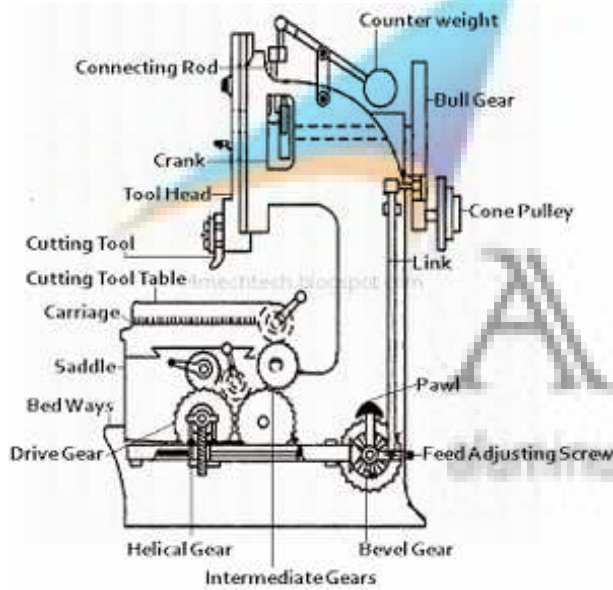
cnc vertical hobbing machine
cnc horizontal hobbing machine



4.7. 슬로팅 머신(slotting machine)

형삭기를 수직으로 세운 것과 같은 동작을 하므로 수직형 형삭기라고도 한다. 공작물은 테이블 위에 고정되고, 램(ram)에 의하여 절삭 공구가 상하 운동을 하면서 수직면을 절삭한다.

cnc slotting machine



4.8. 스피닝머신(spinning machine)

스피닝 선반의 회전축에 형틀을 부착하여 원형의 소재를 누름쇠로 형틀에 밀고 회전시키면서 대 위에 설치된 봉 또는 롤러를 소재에 밀어붙임으로써 성형하는 회전 가공기계.

cnc vertical spinning machine

cnc horizontal spinning machine



4.9. 레이저머신(laser machine)

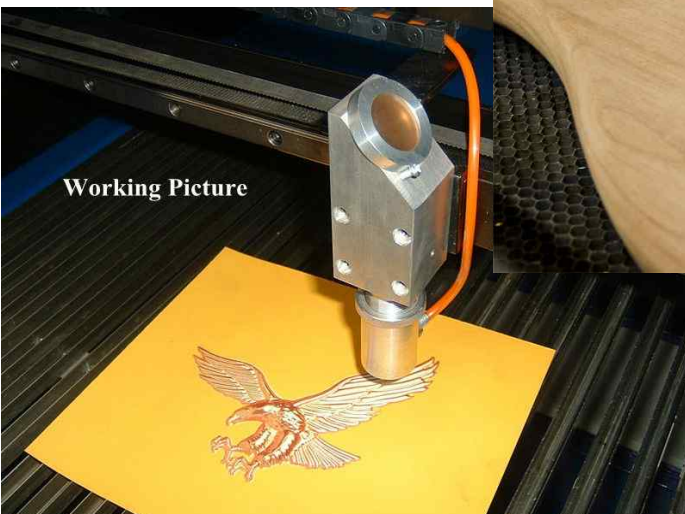
레이저를 발생하는 빛의 에너지는 지향성이 강하고, 밀도가 크므로 고용점 재료의 구멍뚫기나 절단, 용접,마킹 등을 위한 공작기계

cnc laser cutting machine

cnc laser engraving machine

cnc laser welding machine

cnc laser marking machine



4.10. 셰어링머신(shearing machine)

Press Brake



CNC Punch Press



CNC Laser Cutter



4.11. 벤딩머신(bending machine)

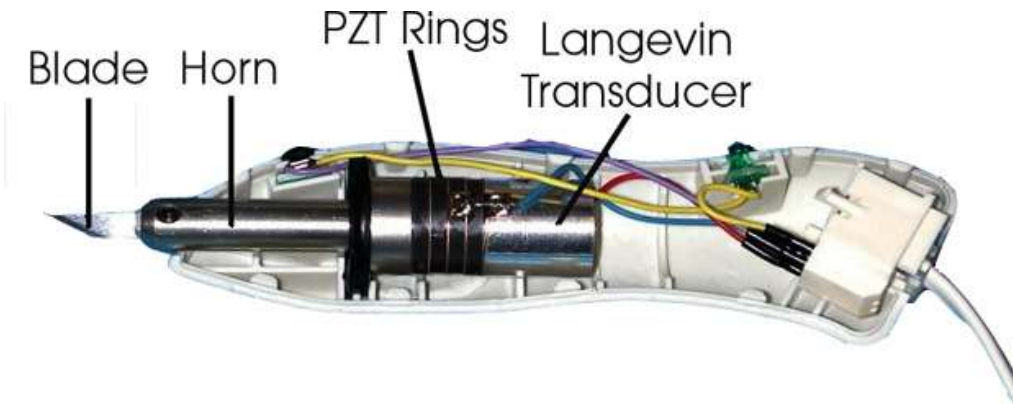
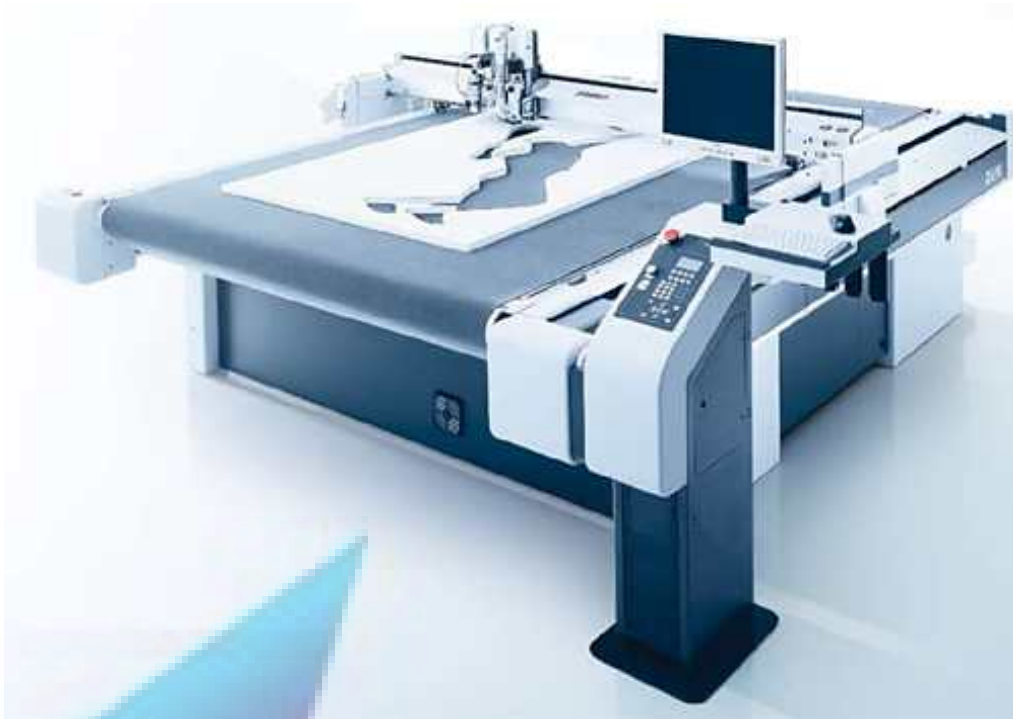
tube,wire, sheet bending machine, Servo-electric bending machine



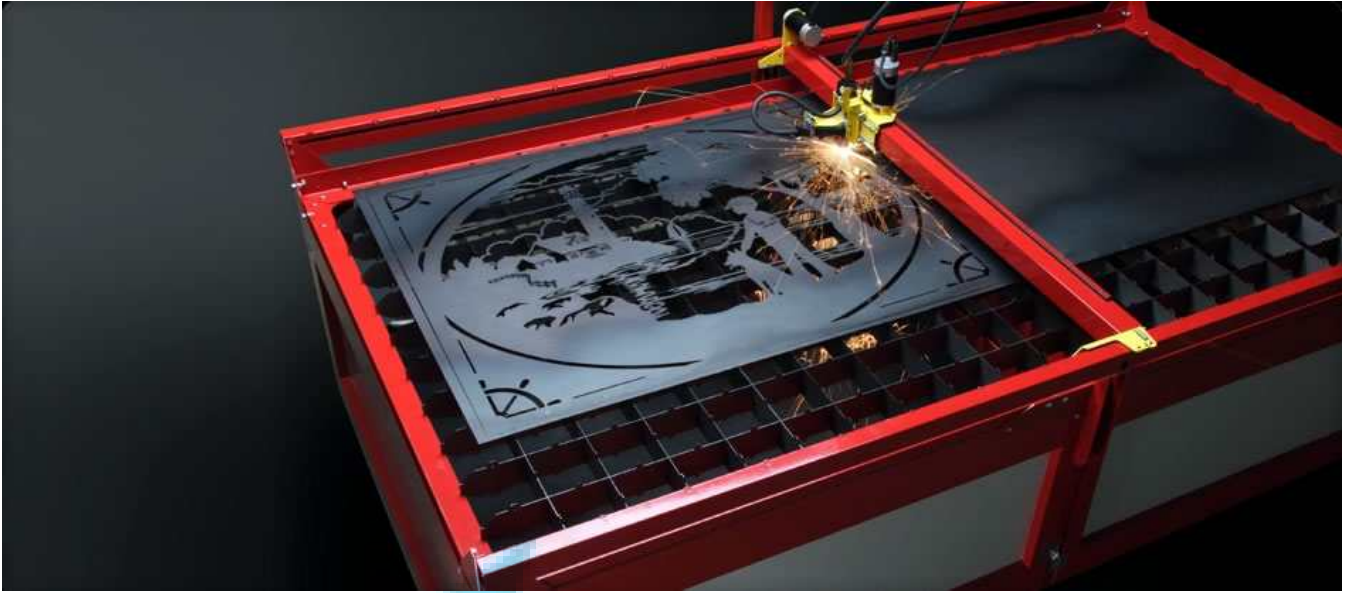
4.12. 방전머신(electric discharge machine)



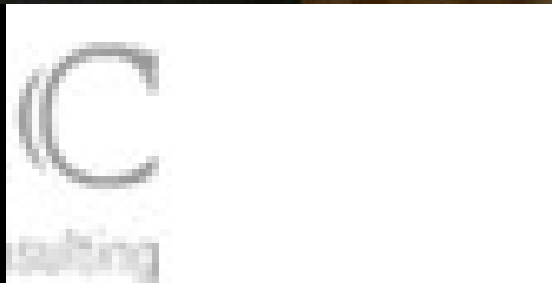
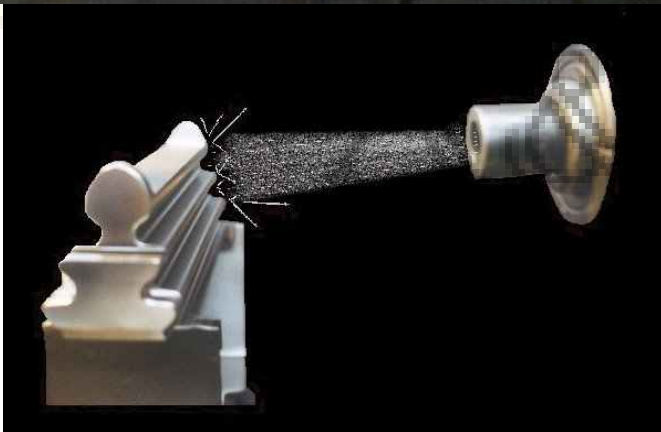
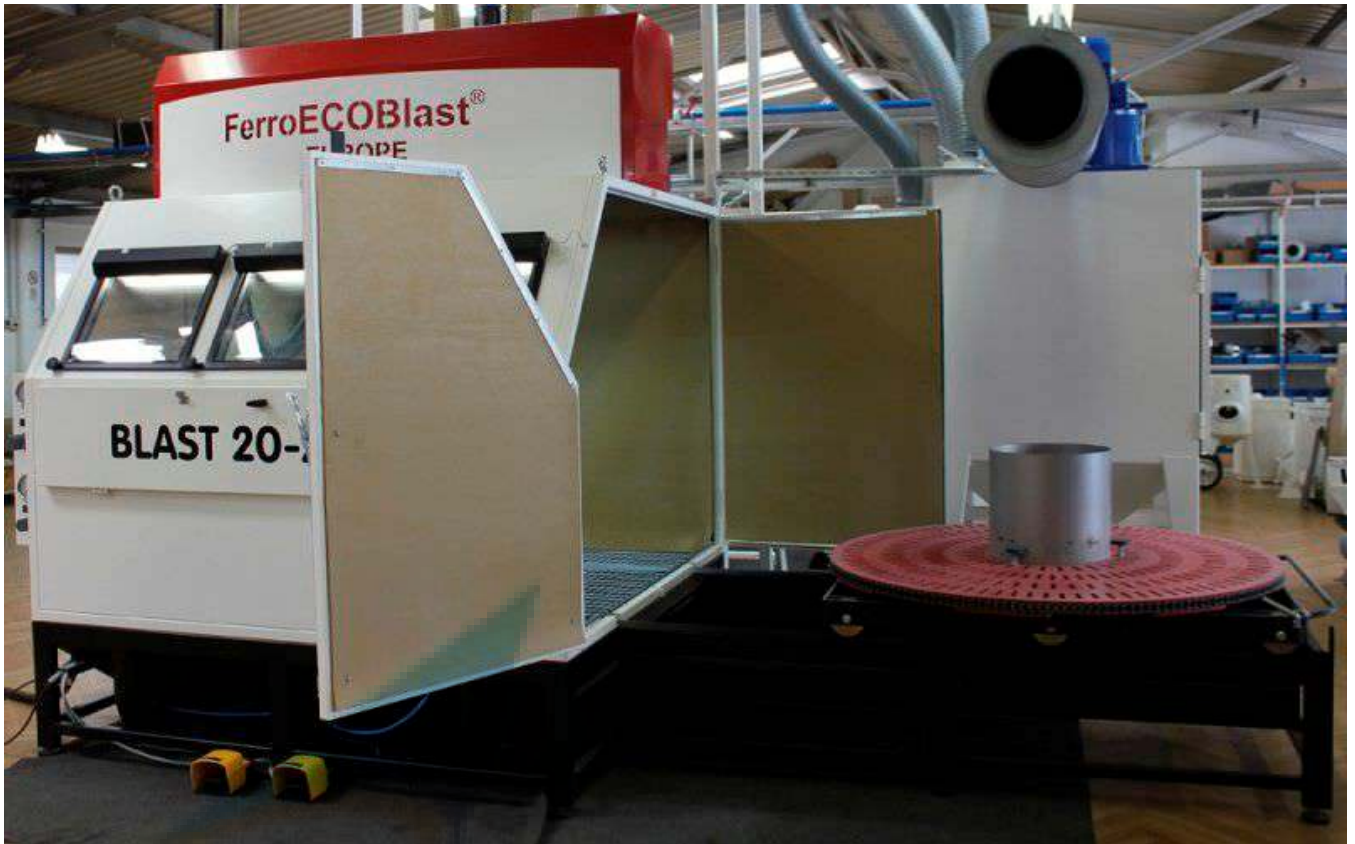
4.13. 초음파커팅머신(ultrasonic cutting machine)



4.14. 플라즈마커팅머신(plasma cutting machine)



4.15. 슛피닝머신(shot peening machine)



4.16. 롤버니싱머신(roll burnishing machine)



5. 표면처리(表面處理,surface treatment)

5.1. 표면전처리(表面前處理 , surface pretreatment)

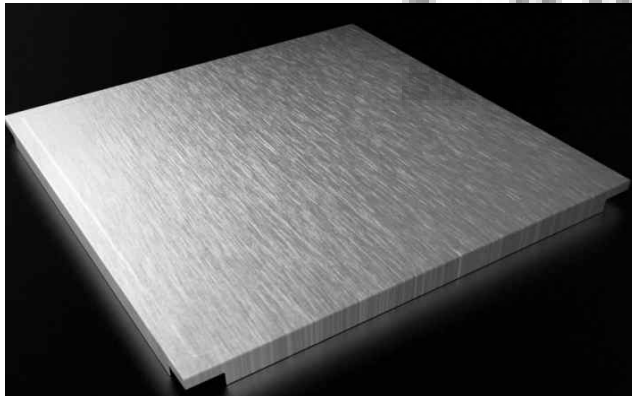
5.1.1. 쇼트블라스트(shot blast)

경질입자(날카로운 모가 없는 알맹이-shot ball,모래)를 압축 공기, 기타의 방법으로 금속 표면에 분사하여 표면을 깨끗하게 마무리 가공하는 가공법으로 피막전 알루미늄 장바,단품에 주로 적용된다.



5.1.2. 헤어라인 브러싱(Hairline brushing)

표면에 선을 긋는 것으로 기스나 찍힘을 없애고 표면을 곱게 하기 위한 처리.표면이 미려해 인테리어, 가전제품 외관에 주로 사용되며 표면 스크래치 외에도 손상을 가릴 수 있어 보완용으로 사용



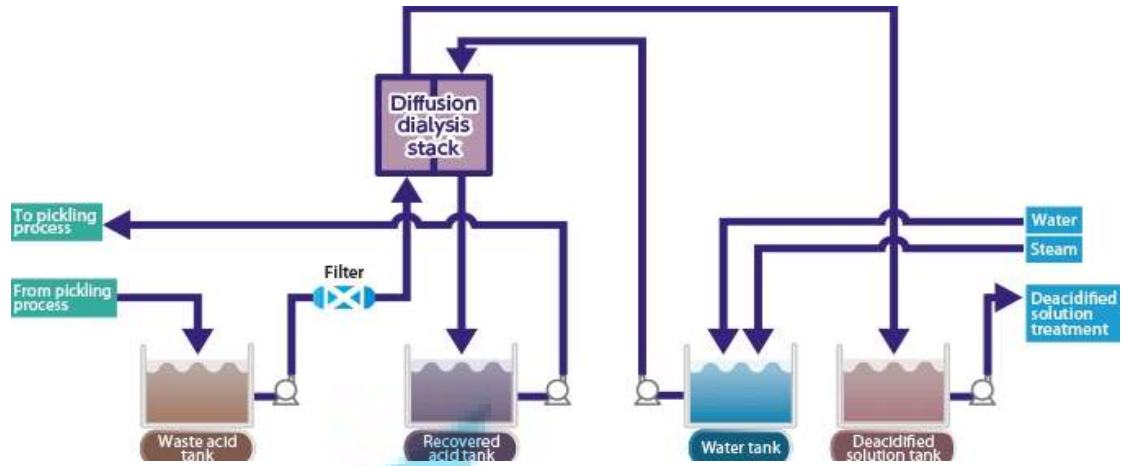
5.1.3. 알카리탈지(alkaline cleaning)

알칼리성 용액을 사용하여 피 도금물을 세척(탈지)하는 것.



5.1.4. 산세척(acid pickling)

표면처리의 전처리로서 이용되고 있는 것으로, 금속 표면에 생성되어 있는 산화물 스케일이나 녹의 층을 제거하기 위하여 염산 혹은 황산 수용액 속에 담가서 깨끗하게 하는 조작. 금속 바탕의 부식을 방지하기 위하여 억제제가 첨가된다.



ALCO
aluminum & consulting

5.1.5. 용제세정(Solvent Cleaning)

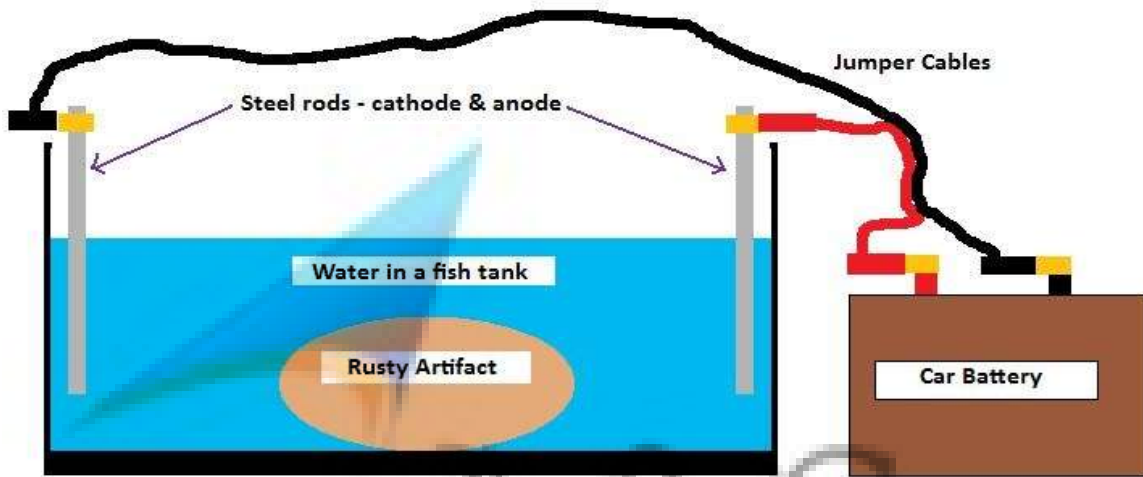
표면에 유지 등의 오염을 용제로 녹여 제거하는 방법으로, 사용하는 용제는 증기 세정이 가능한 비인화성 유기용제로 삼염화에틸렌, 1,1,1-삼염화에탄, 염화메틸렌, 프레온 113 등이다. 도금의 전처리에서는 용제가 증발된 후에 대단히 얇은 기름막이 생기기 때문에 예비 세정으로써 이용된다. 도금 후의 탈수 건조용으로써 후처리에 사용되는 경우도 있다. 지하수 오염, 대기 오염, 인체의 해 등의 대책이 필요하며, 염소계 용제는 오존층 파괴물질로써 사용 금지화 되어 가고 있다.



A&C
aluminum & consulting

5.1.6. 전해세정(Electrolytic Cleaning)

피도금물을 음극 또는 양극으로 하여 전해에 의해 세정하는 방법. 전해 세정에 사용되는 욕은 알칼리 세정액과 같으나, 발포성의 계면활성제는 사용할 수 없다. 산세욕을 사용하는 경우도 있다. 음극 세정은 전해 환원에 의해 금속 산화물이 환원되어 제거되지만, 발생기의 수소에 의해 피도금물이 수소 취성을 받기 쉽고, 욕 중에 용해금속 이온이 있으면, 전착하여 밀착불량의 원인이 되기 쉽다. 양극 세정은 수소 취성이 없고 용해금속 이온의 석출은 없으나, 양극 산화되어 얇은 산화피막이 생기기 때문에 전해 세정 후에 산침적이나 전해 환원이 필요하게 된다. 양극 세정은 에칭효과가 있고, 도금의 밀착성이 향상되는 경우도 있다. PR 전해법은 세정속도가 빠르며, 녹이나 스머트(Smut)의 제거가 가능하다.



A&C
aluminum & consulting

5.2. 광휘연마(光輝研磨, bright polishing)

5.2.1. 화학연마(chemical polishing , 化學研磨)

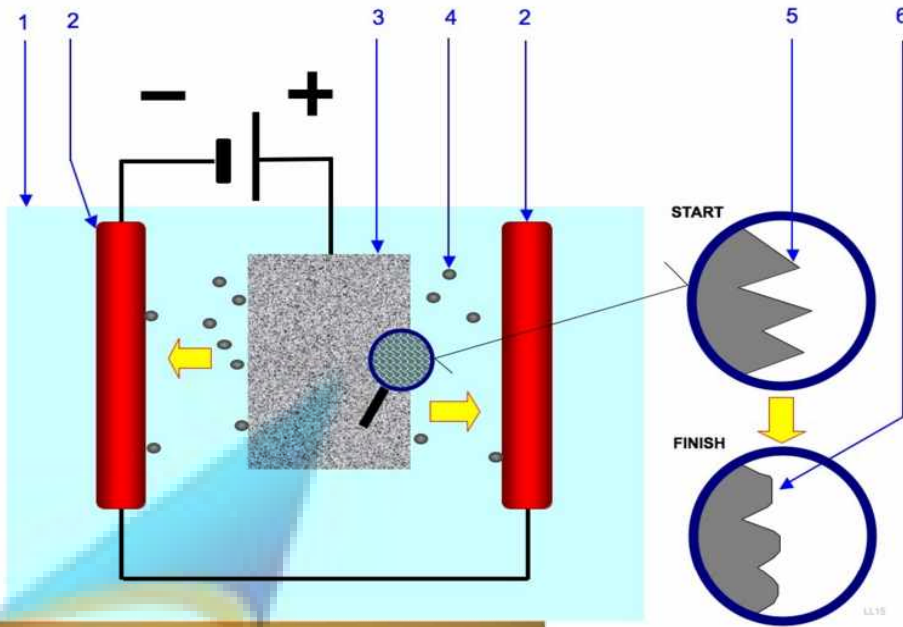
화학약품으로 금속 표면을 용해시키면 적당한 조건하에서 튀어나온 부분이 많이 녹아 편편하고 매끄러운 표면을 얻을 수 있다. 이것을 이용한 표면마무리를 화학연마라고 한다. 이 방식은 형태가 복잡하고 다른 방법, 예컨대 전해연마로서 균일한 마무리를 할 수 없는 경우에 좋고 다량의 처리를 할 수 있는 방식이지만, 응용할 수 있는 계가 적다. 예컨대 구리, 황산구리를 황산, 질산, 염산(인산) 등의 혼합 산으로 상온처리하는 경우, 알루미늄을 인산, 질산, 황산, 요소의 혼합액으로 110°C에서 처리하는 등의 예가 있다.



5.2.2. 전해연마(electrolytic polishing , 電解研磨)

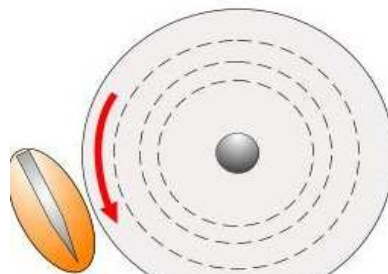
전기분해할 때 양극의 금속 표면에 미세한 볼록 부분이 다른 표면 부분에 비해 선택적으로 용해하는 것을 이용한 금속연마법이다. 연마하려는 금속을 양극으로 하고, 전해액 속에서 전해하면 금속 표면을 연마할 수 있다.

Electropolishing

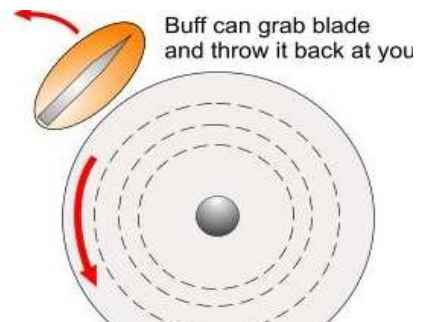


5.2.3. 버핑 (buffing)

버프의 원둘레 또는 측면에 연마재를 바르고 금속 표면을 연마하는 작업



Buff
Correct



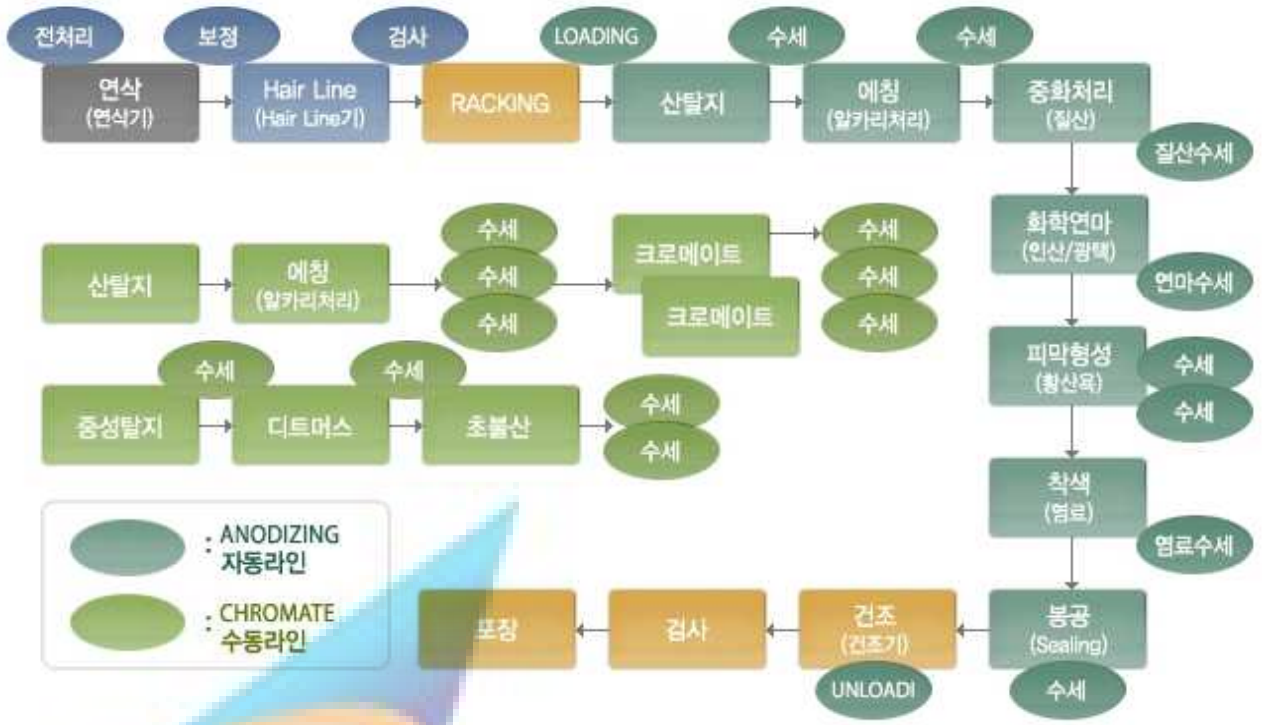
Buff
Incorrect

5.3. 양극산화피막 (陽極酸化皮膜 , anodizing)

금속의 표면 처리법의 하나로 알루미나법이라고도 한다. 알루미늄 또는 알루미늄 합금을 황산, 수산, 크롬산 등의 용액 속에 담귀서 양극으로 하고 전해하면 양극 산화가 되어 알루미늄 표면에 양극 산화 피막($Al_2O_3 \cdot xH_2O$)이 생성되어 알루미늄의 내식성을 향상시키고, 표면 경도도 향상된다. 양극 산화를 하는 공장을 알루미나 공장이라고 부르기도 하며, 이 공장 폐수 중에는 황산, 수산, 크롬산, 알루미늄 등을 포함한 폐수 처리가 필요하다. 알루미나 피막은 염료를 흡착하여 염색 가능하기 때문에 폐수 중에 염료를 포함하는 경도 있다.



anodizing aluminum process flow chart



5.4. 화성처리(化成處理, chemical conversion treatment)

화학적 처리에 의해 금속 표면에 안정된 화합물을 생성케 하는 것. 인산염 처리, 흑염(黑染) 처리, 크로메이트처리, 착색 등이 있다. 이들을 통틀어 화성 처리(化成 處理)라고 한다.



크로메이트

RAL 1000	RAL 1001	RAL 1002	RAL 1003	RAL 1004	RAL 3013	RAL 3014	RAL 3015	RAL 3016	RAL 3017	RAL 6005	RAL 6006	RAL 6007	RAL 6008	RAL 6009	RAL 7033	RAL 7034	RAL 7035	RAL 7036	RAL 7037
RAL 1005	RAL 1006	RAL 1007	RAL 1011	RAL 1012	RAL 3018	RAL 3020	RAL 3022	RAL 3024	RAL 3026	RAL 6010	RAL 6011	RAL 6012	RAL 6013	RAL 6014	RAL 7038	RAL 7039	RAL 7040	RAL 7042	RAL 7043
RAL 1013	RAL 1014	RAL 1015	RAL 1016	RAL 1017	RAL 3027	RAL 3031	RAL 4001	RAL 4002	RAL 4003	RAL 6015	RAL 6016	RAL 6017	RAL 6018	RAL 6019	RAL 7044	RAL 7045	RAL 7046	RAL 7047	RAL 8000
RAL 1018	RAL 1019	RAL 1020	RAL 1021	RAL 1023	RAL 4004	RAL 4005	RAL 4006	RAL 4007	RAL 4008	RAL 6020	RAL 6021	RAL 6022	RAL 6024	RAL 6025	RAL 8001	RAL 8002	RAL 8003	RAL 8004	RAL 8007
RAL 1024	RAL 1026	RAL 1027	RAL 1028	RAL 1032	RAL 4009	RAL 4010	RAL 5000	RAL 5001	RAL 5002	RAL 6026	RAL 6027	RAL 6028	RAL 6029	RAL 6032	RAL 8008	RAL 8011	RAL 8012	RAL 8014	RAL 8015
RAL 1033	RAL 1034	RAL 1037	RAL 2000	RAL 2001	RAL 5003	RAL 5004	RAL 5005	RAL 5007	RAL 5008	RAL 6033	RAL 6034	RAL 7000	RAL 7001	RAL 7002	RAL 8016	RAL 8017	RAL 8019	RAL 8022	RAL 8023
RAL 2002	RAL 2003	RAL 2004	RAL 2005	RAL 2007	RAL 5009	RAL 5010	RAL 5011	RAL 5012	RAL 5013	RAL 7003	RAL 7004	RAL 7005	RAL 7006	RAL 7008	RAL 8024	RAL 8025	RAL 8028	RAL 9001	RAL 9002
RAL 2008	RAL 2009	RAL 2010	RAL 2011	RAL 2012	RAL 5014	RAL 5015	RAL 5017	RAL 5018	RAL 5019	RAL 7009	RAL 7010	RAL 7011	RAL 7012	RAL 7013	RAL 9003	RAL 9004	RAL 9005	RAL 9006	RAL 9007
RAL 3000	RAL 3001	RAL 3002	RAL 3003	RAL 3004	RAL 5020	RAL 5021	RAL 5022	RAL 5023	RAL 5024	RAL 7015	RAL 7016	RAL 7021	RAL 7022	RAL 7023	RAL 9010	RAL 9011	RAL 9016	RAL 9017	RAL 9018
RAL 3005	RAL 3007	RAL 3009	RAL 3011	RAL 3012	RAL 6000	RAL 6001	RAL 6002	RAL 6003	RAL 6004	RAL 7024	RAL 7026	RAL 7030	RAL 7031	RAL 7032	Please note these samples are only representations of RAL colours, as this leaflet is printed from CMYK process. Colours are available in various finishes including Gloss, Matt, Satin and textured, please enquire.				

color sheet

5.5. 도금(鍍金,plating)

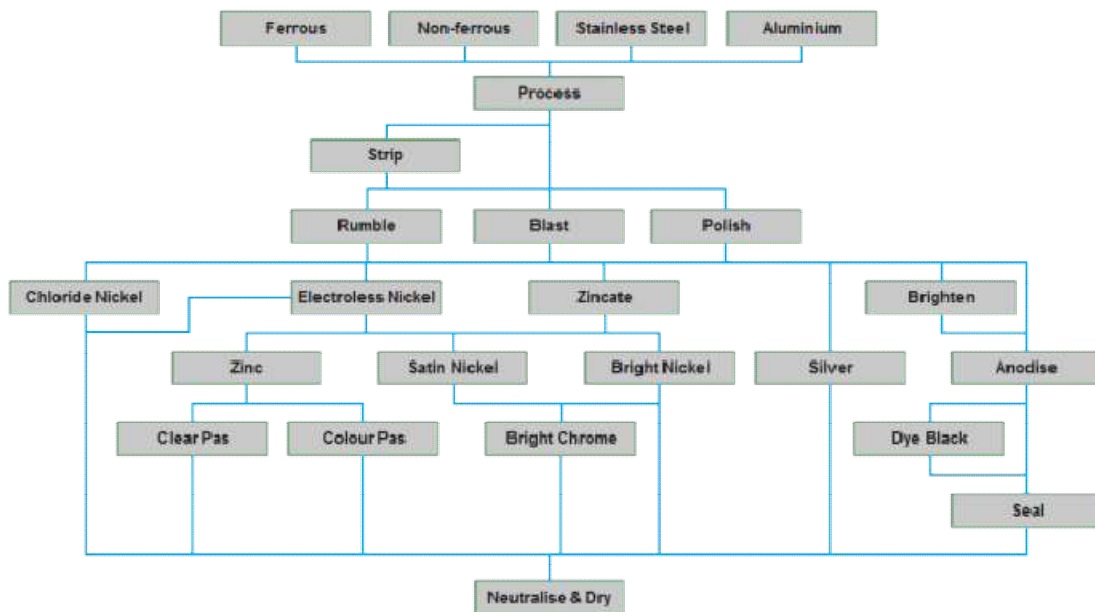
물건의 표면 상태를 개선할 목적으로 다른 물질의 얇은 층으로 피복하는 일인데, 금속 표면에 다른 금속(순금속 외에 합금도 포함)의 얇은 층을 입히는 것을 말한다. 오늘날 보통 도금이라고 하면, 전기도금을 가리킨다.

다른 금속의 얇은 판을 표면에 포개서 함께 압연하고, 표피에 다른 금속을 맞붙이는 것은 합판(合板, clad)이라 하며, 도금이라고는 하지 않는다. 도금은 서양에서는 로마시대, 동양에서는 중국의 전한(前漢)시대부터 시작되었다. 한국에서는 삼국시대에 중국으로부터 기술이 전해져 불상에 도금이 이용되었다. 이 시대에 한국을 통해 일본에도 기술이 전해졌다. 고대의 도금은 아말감을 칠하고 수은을 증발시키는 방법, 박(箔, foil)을 고열로 고착시키는 방법 등으로 금도금에 한정되었다.

오늘날 일반적으로 도금이라고 하면, 전기도금을 말하는 경우가 많다. 장식적인 면, 부패 방지 및 내마모성, 접촉저항의 개선 등을 위해 하고 있다. 도금방법·용도에 따라 다소 차이가 있지만, 전기도금의 일반적인 공정은 **탈수(脫銹)→연마→탈지(脫脂)→화학적 침지처리(浸漬處理)→전기도금→후처리→건조**의 순서이다.

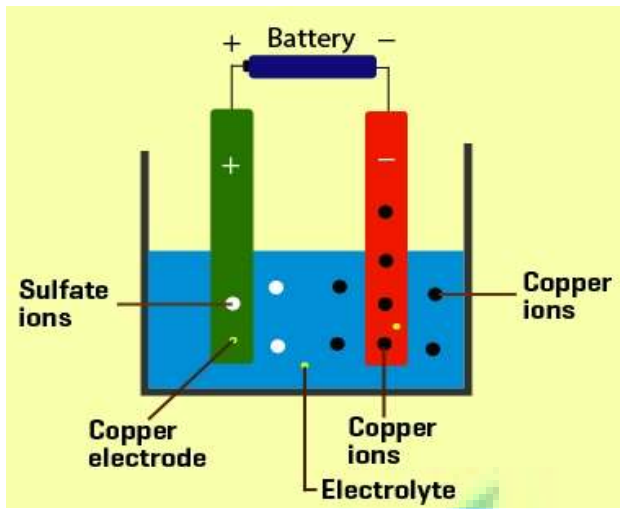
도금을 개선하는 목적에 따라 분류하면 ① 방식(防蝕) : 원재료의 내식성 부족을 보완하고자 특정한 환경 속에서도 견딜 수 있는 금속을 입히는 것으로, 얇은 철판에 주석을 입히는 것(합석 등)이다. ② 표면경화 : 마모에 견딜 수 있도록 소재보다 단단한 금속의 얇은 층을 붙이는 것으로, 구리합금 제품의 크롬도금이 대표적이다. ③ 표면의 미화(美化) : 귀금속 또는 색채가 아름다운 금속합금의 얇은 층을 물건의 표면에 붙여서 아름답게 보이도록 한 것으로, 장신구의 금도금이 일반적인 예이다. ④ 표면의 평활화(平滑化) 또는 빛 등의 반사율 개선 : 반사율이 높다든지 또는 매우 평활하고 광택이 좋은 금속의 얇은 층을 붙이는 것이다. 후에 표면연마 또는 광택유지를 위하여 화학처리를 하여 한층 더 그 특성을 향상시키는 경우도 있다. 예를 들면, 전열기구에서 열의 반사경의 크롬도금 등이다.

이밖에 금속 아닌 소재에 금속을 붙일 때는, 커튼의 레이스에 알루미늄을 증착해서 햇빛의 반사를 좋게 한 것, 일조(日照)에 의한 변색을 방지하고자 플라스틱 제품에 금속을 증착하는 것, 비금속 제품에 전주(電鑄)·용사(溶射) 등의 방법으로 금속을 붙여서 겉모양을 금속제품처럼 보이게 하는 것 등이 있다. 도금은 입히는 방법에 따라 분류하면 전기도금·용해금속 침지도금·용사분무도금·증착도금·음극분무도금으로 나눌 수 있다.



5.5.1. 전기도금(電氣鍍金,electroplating)

전기 분해의 원리로 도금하고자 하는 피도물을 음극으로 하고, 직류 전류를 가하여 물체 표면을 다른 금속의 얇은 막을 전해석출하는 방법이다.



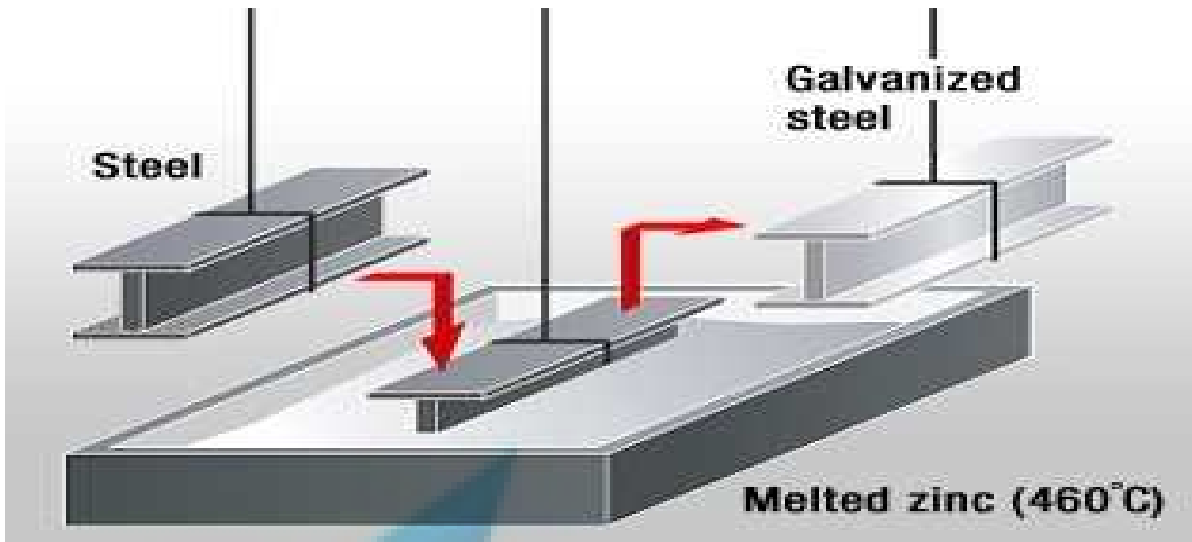
5.5.2.화학도금(化學鍍金,chemical plating)

화학 반응에 의해서 전기 도금과 같은 도금을 하는 방법이다. 전기 도금과 달리 도금면이 비다공성이며, 띠부나凸부에 관계 없이 균등한 살두께를 입힐 수가 있으므로 도금 금속량이 적게 들며, 미국의 표준국에서 내세우는 것은 니켈을 절약하기 위한 것으로 차아인산염(次亞磷酸鹽)을 사용한다고 한다. 도금 성분은 니켈과 니켈인화물이며, 경도는 비커즈 550~650이며 내마모성이 크다. 도금 두께는 0.013mm 전후가 많다.



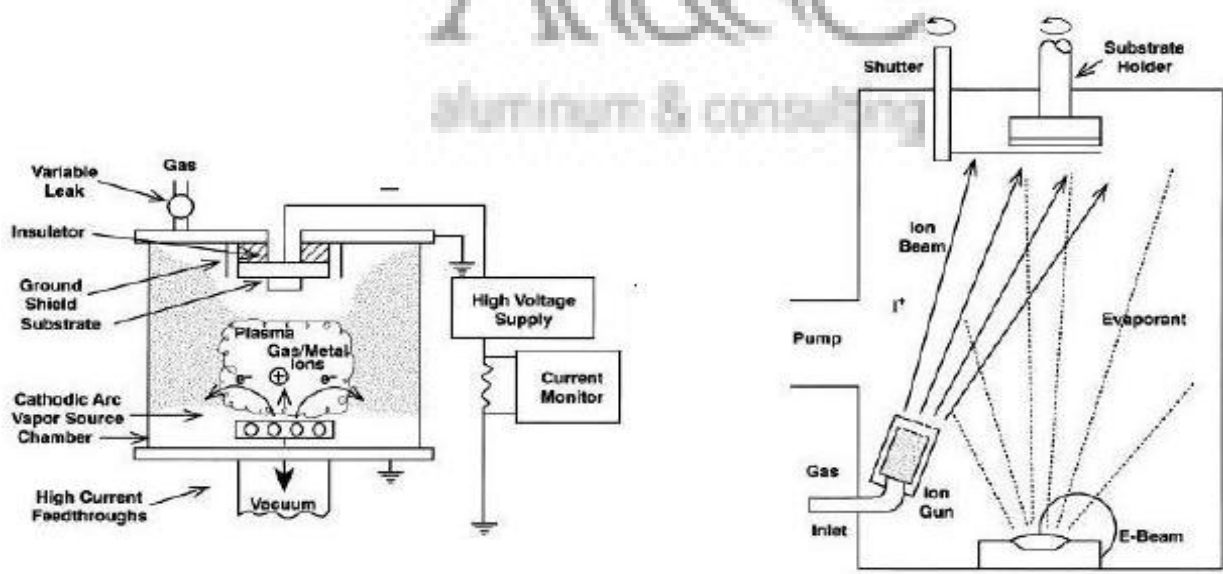
5.5.3. 용융도금(熔融鍍金,hot dipping)

다른 종류의 금속·합금의 층을 만드는 도금으로 도금하고자 하는 금속 용융액 속에 금속제품을 담그어 표면에 용융액을 부착하게 한 후 꺼냄으로써 만든다. 피도금물보다 용융점이 낮은 금속·합금의 얇은 층을 입히는 데 사용된다.



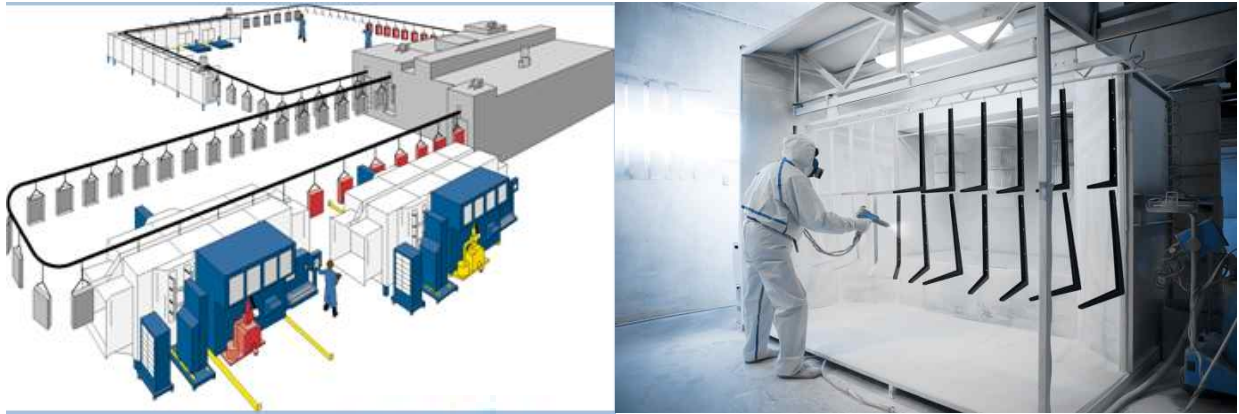
5.5.4. 진공도금(眞空鍍金,vacuum plating)

진공 속에서 금속 원소를 증발 승화(昇華)시켜 부품의 표면에 얇은 막을 입히는 도금법으로, 현재로는 알루미늄이 주로 사용되고 있다. 용도는 IC 회로나 소형 저항기 등의 전자 장치 부품, 사진 렌즈의 코팅, 플라스틱 제품의 메탈라이징 등에 많이 이용된다.



5.6. 도장 (塗裝,coating)

물체의 표면에 도장재료를 칠하여 피막을 형성시키는 것을 말한다. 도장은 물체의 충해, 부식, 마멸을 방지하고 내구성을 높이며 색채나 광택효과에 의해 물체의 표면을 아름답게 하는데 목적이 있다. 전기의 절연과 방열, 살균, 방음, 빛의 반사, 방화(防火)등의 목적도 있다.



5.6.1. 알루미늄 도장종류 및 특징

항 목	에어스프레이	정전도장	침지도장	롤코트	TFSD도장	전착도장
도장막두께범 위	7-10 μ m막두 께불균일	10-15 μ m막 두께불균일	수성형17 μ m 이상.용제형 10 μ m막두께 불균일.홀림 끊김나뿔	내추럴코트 17 μ m이하.리 버스코트20 μ m이상.균일한 막두께	5-40 μ m균일 한 막두께	10 μ m정도 균 일한 막두께
관 리 면	도료분출량 큼, 내면도장불가	내면도장불가	상부하부막 두께관리 곤 란	자동관리 조 작용이	액 관리, 조작 용이,인양속 도 한계발생	액관리복잡
적용도료	선택성없음,저 렴한 도료 사용	절연저항낮 음,선택성없 음	상온경화형부 적	열경화성수지 (고온단시간 소부)	열가소성,열 경화성 수지	열경화성수지
적용부도료	선택성없음,저 렴한 도료 사용	고비점용제 선택성없음	고비점용제 선택성없음, 물도가능		트리카롤 에 틸렌	물
소재상태	큰것	통전성용이	단순형	평판,코일	복잡형상가능	복잡형상가능
도장효율(신 너함유)	40%도료손실 많음,품질안정 성결여	60%도료손실 많음	85%도료손실 적음	도료손실적음	95%도료손실 적음,좁은부 분 전면적 도 장장가능	80%(폐쇄회 수장치로95% 이상가능)
건축비용	상면적 대	상면적 대	로딩방식에따 라 다름	상면적 대	건축높이필요	로딩방식에따 라 다름
기타					경질피막에서 도적용가능, 도막성능양호	경질피막부 적,도장성능 양호

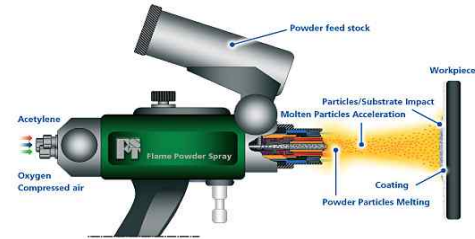
5.6.2. 분체도장 종류 및 특징

정전 분체 도장이 가장 많이 사용되고 있으며, 이 방법은 분체가 정전 인력에 의해 피도장물에 흡인되어 가열용해 됨으로써 도막을 만든다. 특징은

- (1) 용제를 사용하지 않기 때문에 취기나 대기오염 대책, 공해 대책이 간단해지며, 화재의 위험성도 적다.
- (2) 1회 도포로 소정의 막 두께를 얻을 수 있으며, 공정이 단축된다.
- (3) 시너의 조합 등이 필요 없어 작업성이 좋고 자동화하기 쉽다.
- (4) 도료의 돌레 도포성이 좋다.
- (5) 도료의 회수재 이용이 가능하다 등이다.

결점으로는

- (1) 색 변환이 곤란하다.
- (2) 도막이 두껍게 되어 박막화가 곤란하다.
- (3) 도료 단가가 높다 등이다.



분체 도장에는 정전 도장 외에 용사법과 영동 침적법이 있다. 후자는 다공성의 선반을 넣은 수조의 상단에 분체를 넣어 밑에서부터 공기를 불어넣으면, 분체가 공중으로 현탁된다. 이 안에 예열한 피도장물을 넣어 표면에 액체를 용착시켜 도막을 만드는 방법이다.

항 목	정전분체도장법	정전유동침적법	유동침적법	용 사 법
피도물 예비가열	반드시 필요하지 않음	반드시 필요하지 않음	필요	불필요
피도물 후가공	필요	필요	반드시 필요하지 않음	불필요
도막두께	40-200 μ m, 예열 100-500 μ m	40-200 μ m	150-500 μ m	100-500 μ m
도막균일성	양호	약간 열등	열등	열등
도착효율	양호	양호	양호	중간
도장속도	1-3 m ² /min(60 μ m 일때)	통과시간 2-10초	침적시간 5-20초	0.2-0.5 m ² /min(200 μ m 시간)
도장기능	용이	용이	숙련도 요구	숙련도 요구
설 비 비	상	중상	하	하
적용대상및생산규모	자동화, 대량생산	소형, 자동화, 대량 생산	소구 자동화, 대량 생산	현지도장 비대량 생산
피도물의크기	소부로의 규모로 제한	조의규모이내	조의사이즈이내	무제한
피도물의 형상	매우복잡한것은 피하고, 재질은 전도성	소형선상 띠형, 재질은 전도성	소형봉상, 판재, 내열재질	도장기에 들어가는 형상제는 이연물(易燃物)
피도물의 실례	자동차몸체, 가전제품, 펜스, 철공	선재, 코일, 전자부품	전자부품, 펜스, 폴	탱크, 파이프

5.6.3. 알루미늄용 도료의 특징 및 성능

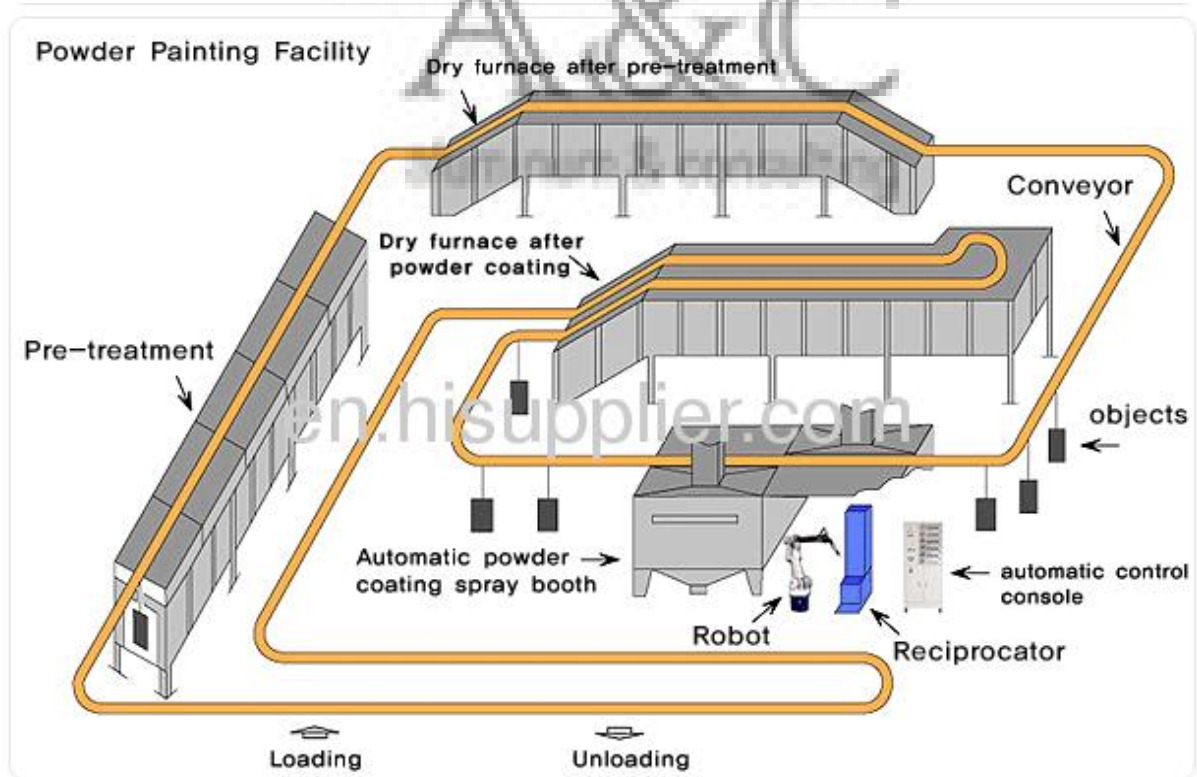
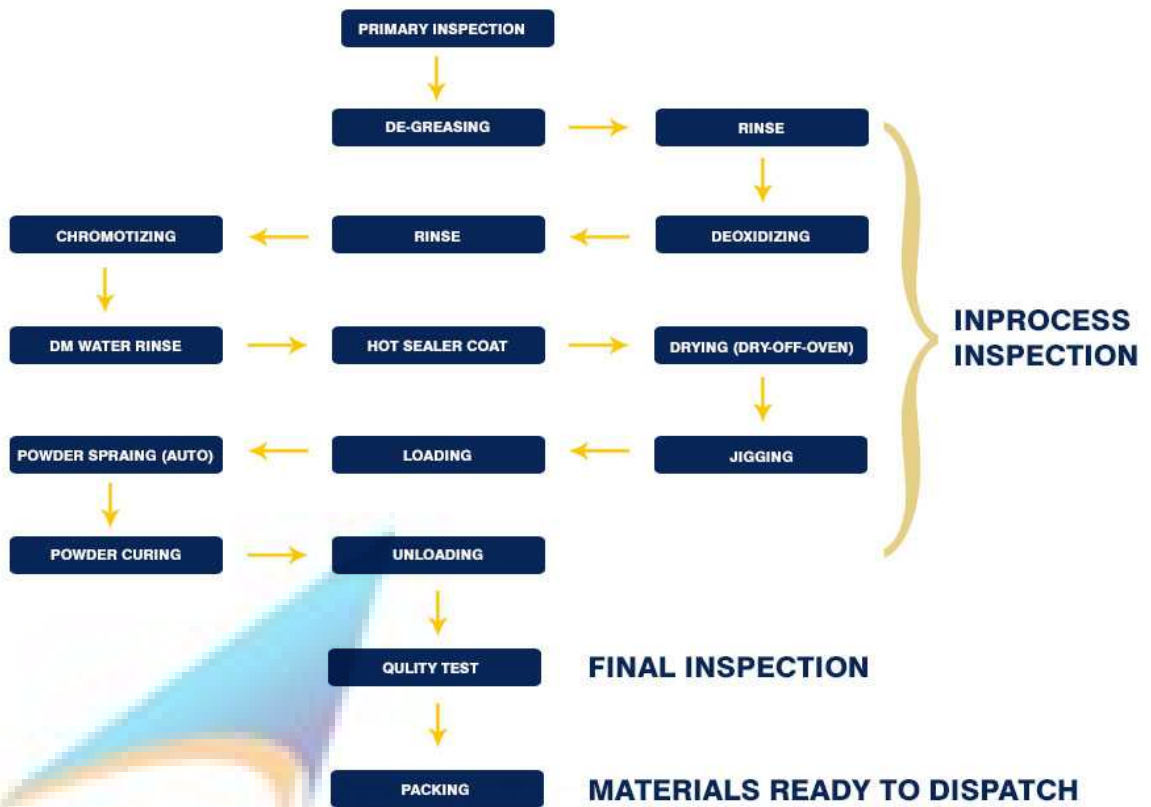
수지종류	주요특징	산화형태	건조방법			성능								
			상온	강제	소부성	부착성	내수성	내식성	내약품성	내열성	내후성	내변색성	투명성	가격
열가소성아크릴	내후성	용제휘발	2	1	X	3	2	3	3	3	1	1	1	중
열경화성아크릴	내후성,부착성	열축합	X	X	1	1	1	2	2	2	1	1	1	중
알키드	내후성,작업성	산화중합	1	2	X	2	2	2	X	2	2	3	X	저
페놀	내식성	산화중합	1	3	X	3	1	2	3	X	3	X	X	저
니트로셀룰로오스	속건성	용제휘발	1	3	X	3	3	3	X	X	3	3	X	저
불포화폴리에스테르	두꺼운도장	중합	1	3	X	X	2	2	3	X	3	2	X	중
멜라민아키드	작업성	열축합	X	X	1	2	2	2	3	2	2	2	3	저
오일프리폴리에스테르	작업성,내후성	열축합	X	X	1	1	1	2	3	2	1	2	3	중
습기경화형우레탄	경도	습기경화	1	3	X	X	2	3	2	X	3	3	X	중
오일변성우레탄	작업성	산화중합	1	3	X	3	2	2	3	X	3	3	X	저
폴에스텔우레탄	내후성	축합	1	1	3	3	1	2	2	2	1	1	1	고
아크릴우레탄	내후성,부착성	축합	1	1	3	1	1	2	2	2	1	1	1	고
에폭시폴리아민	부착성,내식성	축합	1	1	3	1	1	1	2	2	3	3	3	고
에폭시폴리아미드	부착성,내식성	축합	1	1	3	1	1	1	2	2	3	3	3	고
에폭시에스테르	작업성,내식성	산화중합	1	3	X	2	1	1	2	2	3	3	3	고
에폭시멜라민	부착성	열축합	X	X	1	1	1	1	2	2	3	3	3	고
에폭시페놀	내약품성	열축합	X	X	1	1	1	1	1	2	3	X	3	고
염화비닐	내수성	용제휘발	1	3	X	X	1	2	2	X	2	2	3	중
초산비닐	작업성	용제휘발	1	3	X	X	3	X	3	X	3	3	X	저
염화 고무	내수성	용제휘발	1	3	X	X	2	2	2	X	2	3	X	저
실리콘	내열성	열축합	X	X	1	2	2	2	X	1	1	2	2	고
비닐브티랄	부착성	축합	1	1	3	1	3	2	X	3	X	X	X	중

평가기준 : 1.특히우수,2.우수,3.사용에있음,X 불가

5.6.4. 주요도장의 용도

종 류	색	용 도	비 고
열가소성아크릴계수지	유색투명	외장재	주물등,저온가열건조
열경화성아크릴계수지	유색투명	외장재,샤시	전착도장,고온가열건조
폴리우레탄계수지	유색투명	외장재,샤시	1액형,2액형,저온가열건조
폴리에스텔계수지	유색	외장재	고온가열건조
불소계수지	유색	외장재,기물내측	4불화에틸렌,불화비닐리덴,고온가열건조
폴리아미드계수지	유색	기물외측	내열도료,고온가열건조

5.6.5. 분체도장공정 (powder coating process flow chart)



5.7. 알루미늄합금의 표면처리 적응성

합금	기계적처리	전해연마 화학연마	화성피막	양극산화		도금	법랑	도장
				방식	장식(착색)			
1090	2	1	2	1	1	3	3	2
1080	2	1	2	1	1	3	3	2
1050	2	2	2	2	2	2	2	2
1100	2	3	2	2	2	2	2	2
2011	2	x	3	3	x	2	3	2
2014	2	x	2	3	x	2	3	2
2017	2	x	2	3	x	2	3	2
2024	2	x	2	3	x	3	3	2
3003	2	3	2	2	3	2	2	2
3004	2	3	2	2	3	2	2	2
4043	2	x	3	2	3	x	2	2
5005	2	3	2	2	2	2	2	2
5052	2	3	2	2	2	3	2	2
5056	2	x	2	2	2	3	2	2
5083	2	x	2	2	2	3	2	2
5N01	2	2	2	2	2	2	2	2
6061	2	x	2	2	2	3	2	2
6063	2	x	2	2	2	3	2	2
7075	2	x	2	2	2	3	2	2

주 : 1.최적 , 2.적당 , 3.사용하는 경우 처리조건의 검토가 필요 , x 부적당



A&C

aluminum & consulting

참 고 문 헌

- 알루미늄의 조직과성질,일본경금속학회(1991)
알루미늄 핸드북,일본경금속학회(1982)
aluminum casting technology(2nd edition),AFS(1997)
제3회 알루미늄산업의 국제경쟁력강화를 위한 세미나,한국비철금속학회(2004)
대한금속재료학회지(1999)37권5호,550
21C프론티어사업 소재성형 뉴스레터(2005)
D.R Gaskell,in "Introduction to Metallurgical Thermodynamics",McGraw,New York(1973)
금속상변태, 김동훈, 김원태 공역, 반도출판사
재료과학과 공학, 김용석, 김형준, 박인규, 이재갑 공역, 희중당.
J.E, Hatch, in "Aluminum" , American Society for Metals, Metals Park, Ohio (1984)
I.J Polmear, in "Light Alloys", (1995)
재료상변태, 최종술, 도서출판 희중당
신금속재료학, 양훈영, 문운당.
P.A Beaven, A.P. Davidson, and E.P. Butler, in "Solid?Solid Transformations," H.I. Aaronson, D.E Laughlin,
R.F. Sekerka, and C.M. Wayman, AIME, (1982)
R.B Nicholson and J. Nutting, Acta Metallurgica, Vol. 9, (1961), p. 335.
주조응고, 홍준표, 박익민, 최정철 공역, 반도출판사
G. A. Chadwick, in "Metallography of Phase Transformations", Butterworths, London (1972).
G. J. Davies, in "Solidification and Castings", John Wiley & Sons, New York-Toronto, (1973).
금속 현미경 조직학, 김정근, 김기영, 박해웅 공저, 도서출판골드.
M. C. Flemings, Solidification Processing, New York: Mcgraw-Hill (1974).
"Metals Handbook," Vol. 2, 9th Ed., ASM, 1979
T. H. Courtney, "Mechanical behavior of Materials," 2nd Ed., McGRAW-HILL, 2000
G. E. Dieter, "Mechanical Metallurgy," 2nd Ed., McGREW?HELL,1986
"Introduction to Aluminum," ASM, 1979
W. D. Callister, "Materials Science and Engineering," 3rd Ed., John Wiley & Sons, 1994
M. Lancin et al. "TEM study of carbon fibre reinforced Aluminum matrix composite: influence of brittle phases and interface on mechancal properties," Journal of the European Ceramic Society, 20, 1493~1503. (2000)
J. H. Fridlyander, "Matal Matrix Composites," Chapman & Hall, 1995
J. K. Kaczmar et al., "The production and application of metal matrix composite materials," Journal of Materials Processing Technology, 106, 58~67, 2000
최종술, 권숙인, 금송희, "금속강도학" 3rd, 1990
A.Kelly and G.W.Groves, "Crystallography and Crystal Defects", chap.2, Addison-Wesley Publishing Company,Inc.,Reading,Mass.,1970
E. O. Hall, "Twinning and Diffusionless Transformation in Metals," Butterworth & Venables JA. In: Reed-Hill RE, Hirth JP, Rogers HC, editors, Deformation twinning. New York: Gordon and Breach;1964. p. 7.
Cottrell AH, Bilby BA. Phil Mag 1951;42:573
Hull D. In: Reed-Hill RE, Hirth JP, Rogers HC, editors. Deformation twinning. New York: Gordon and Breach;1964. p. 121.

V. Yamakov, D. Wolf, S.R. Phillpot, H. Gleiter, *Acta Mater.* 50, 2002, p. 5005

I.S.Servi, J.T.Norton, and N.J.Grant, *Trans. Metall. Soc. AIME*, col. 194. p965, 1952

D.Mclean, *J. Inst.Met.*, vol. 81 p. 133, 1952~1953

J.Weertman, *Trans. Metall. Soc. AIME*, vol.218,p207,1960.

H.C. Chang, and N.J.Grant, *Trans. AIME*, vol. 206, p.169, 1956

R.N. Rhines, W.E.Bond, and M.A.Kissel, *Trans. Am. Soc. Met.*, vol. 48, p919, 1956

H.C. Chang, and N.J.Grant, *Trans.Metall.Soc. AIME*, vol. 194,p.619,1952

M.F.Ashby, "A First Report on deformation Mechanism Maps," *Acta Metall.*, 20,887,1972

M. A. Meyers and K. K. Chawla, "Mechanical Metallurgy",chap.9, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.,1984.

L. E. Murr, *Interfacial phenomena in Metals and Alloys, Interfacial Free Energy*, Addison-Wesley, Reading, 1975, p87

D. Kuhlmann-Wilsdorf and H. G. S. Wilsdorf, "Origin of Dislocations Tangles and Loops in Deformed Crystals."

In: *Electron Microscopy and Strength of Crystals* (G. Thomas and J. Washburn, eds.), Interscience, New York, 1963, p.575

P. R. Swan, "Dislocation Arrangement in Face Centered Cubic Metals," in: *Electron Microscopy and strength of Crystals* (G. Thomas and J. Washburn, eds.), Interscience, New York, 1963, P. 131

F. J. Humphreys and M. Hatherly, *Recrystallization and related annealing phenomena*, Pergamon/Elsevier Science Ltd., Oxford,1996

B. Bay, N. Hansen, and D. Kuhlmann-Wilsdorf, "Microstructural in Rolled Aluminum." *Materials Science and Engineering A* 1992, A158, p. 139

O. Engler, "An EBSD Local Texture Study on the Nucleation of Recrystallization at Shear Bands in the Alloy Al-3%Mg," *Scripta Materialia* 2001, 44, p.229

Q. Liu and N. Hansen, "Microstructural Study of Deformation in Grain Boundary Region during Plastic Deformation of Polycrystalline Aluminum," *Philosophical Magazine A* 1996, 73, p.265

J.E.Hatch, ed., "Work Hardening, Recovery, Recrystallization, and Grain Growth," in: *Aluminum Properties and Physical Metallurgy.* ASM, Ohio, 1984,p.105

G. E. Totten and D. S. Mackenzie "Handbook of Aluminum", 2003, p.196

B. D. Cullity "Elements of X-ray Diffraction" 2nd, 1990[49] Blicharski, M. Liu., and Hu, H., *Acta Mater.* 43, 3125, 1995.

L. S. Toth, P. Gilormini, and J. J. Jonas, *Acta Metall. Mater.*, Vol.36, 3077, 1988.

오규환, 이동녕, 이후철, "집합조직 제어기술의 개발과 응용" 과학기술부, 2004

Humphreys, F. J. and Hatherly M., "Recrystallization and Related Annealing Phenomena", Pergamon Press, Oxford, 1995.

P. A. Beck, M. L. Holzworth, and P. R. Sperry, "Effect of a Dispersed Second Phase on Grain Growth in Al-Mn Alloys."

Transactions of the Metallurgical Society AIME 1949, 180, p 163

강성봉, "결정제어를 통한 알루미늄합금의 고강도화 기술" 화학기술부,2004

경금속 기초기술 강좌 (일본 경금속 학회)

알루미늄 조직과 성징 (일본 경금속 학회)

알루미늄합금 전신재의 특성 (일본 경금속 학회)
 용탕과 주조/주괴조직의 특성 (일본 경금속 학회)
 Aluminum Handbook (일본 경금속 학회)
 알루미늄 기술편람 (일본 경금속 학회)
 알루미늄 및 그 합금중의 미량원소와 제 특성 (일본 경금속 학회)
 최근 알루미늄 압출기술과 생산관리 (일본 경금속 학회)
 Al 및 Al합금 압출재의 결함 사례와 그 대책 (일본 경금속 학회)
 알루미늄 압출Dies의 수명 (일본 쇼와 경금속)
 간접압출 기술 및 설비 (KOBE STEEL,LTD.)
 Military Specification : MIL - H - 6088 (미국 국방성의 군수품 제조에 관한 규격)
 American Society for Testing and Materials : ASTM (미국 시험 및 재질협회)
 Aluminum standards and data (미국 알루미늄 협회 : The Aluminum Association = AA)
 "Metals Handbook" , ASM , vol.2
 American National Standards Institute : ANSI (미국 표준협회)
 Aluminum Properties & Physical Metallurgy , ASM
 Aerospace Material Specification : AMS (항공 재료 규격)
 Aluminium Association of America(미국알루미늄협회)

