

기계제작법 요약정리

제1장 목형 및 주조법

1. 목형재료의 구비조건

- ① 변형 적고 재질이 균일할 것.
- ② 가공이 쉽고 내구성이 클 것.
- ③ 염가이고 구입이 쉬울 것..
- * 수축방지조건(=수분제거) : 양 선택, 장년기 수목 동기에 벌채, 건조재 선택, 적당한 도장, 많은 목편을 조합.
수축방향 크기 : 연륜방향(나이테방향) > 연수방향(반지름방향) > 섬유방향(길이방향)

2. 목재의 방부법 : 도포법, 자비법, 침투법, 충전법 등이다.

3. 목형의 종류

- ① 현형 : 실제 제품과 같은 형태로 만든 모형. (제품크기+수축여유+가공여유)
* 종류 : 단체형, 분할목형(다우얼조인트: 조립접합시 합핀사용), 조립목형(아주복잡주물;상수도관용 벨브제작시)
- ② 회전목형 : 벨트폴리나 단차 제작시(소량주물 생산에 사용)
- ③ 굽기형(고르게형) : 단면이 일정하면서 가늘고 긴 굽은 파이프 제작시
- ④ 부분형 : 대형인 주물이 대칭 또는 일부분이 연속적일 때 (톱니바퀴, 기어 및 프로펠라 제작)
- ⑤ 골격형 : 주조갯수가 적고 구조가 간단한 대형주물.(골격만 목재, 큰곡관 제작시)
- ⑥ 코어형 : 속이 빈 중공주물 제작시.(수도꼭지나 파이프)
- ⑦ 매치플레이트(Match plate) : 소형주물제품을 대량 생산.(여러개의 주형을 동시에 제작)
* 수축여유: 수축에 대한 보정량으로 주로 주물자를 사용.
(주물자: 주철 1008mm, 황동·청동 1015mm, 주강 1020mm, Al 1020mm)
- * 현도(現圖) : 주물자를 이용하여 그리는 그림

* 목형제작시 주의사항

- ① 수축여유, 가공여유 (주물자 사용)
- ② 목형구배(구배여유, 기울기여유) : 목형뿔을 때 파손방지하기 위해 측면을 경사지게만듬. m당 6~8mm
- ③ 코어프린트 : 속이 빈 주물제작시 내보에서 지지하기 위해 덧붙임. 현도에만 기재
- ④ 라운딩 : 쇠물응고시 주형의 직각방향에 수상정 발달 방지. 모서리 둥글게
- ⑤ 덧붙임 : 복잡하거나 균일하지 않은 주물 제작시 변형이나 힘 방지
* 잔형(loose piece) : 복잡한거 조금있다가 분리

4. 주물의 중량계산식

$$W_m = \frac{S_m}{S_p} W_p \text{ (Kg)}$$

여기서, W_m, S_m : 주물의 중량 및 비중
 W_p, S_p : 목형의 중량 및 비중

5. 주물사(주조시 사용되는 모래)의 구비조건

- ① 성형성, 통기성, 내화성이 좋을 것 ② 화학반응 없고 열전도성이 불량할 것.
- ③ 적당한 강도 및 보온성이 있을 것 ④ 아름답고 매끈한 주물표면을 얻을 수 있을 것.
- ⑤ 구입 용이하고 가격이 저렴할 것.
- * 주강용 주물사(고급주물): 규사(SiO_2)+점토를 배합(건조사), 내열성, 통기성, 수축성 우수
- * 입도 : 모래입자의 크기를 메시로 표시한다.
- *메시(mesh) : 길이 1인치내에 있는 체의 눈수

* 통기도 (K)

$$K = \frac{Qh}{PA t} \text{ (cm / min)}$$

Q : 시험편을 통과하는 공기량(2000cc)
h : 시험편의 높이(cm), p : 공기압력(수주의 높이;cm)
A : 시험편의 단면적(cm^2), t : 통과시간(min)

* 압상력(押上力) : 주형에 쇳물을 주입하면 쇳물의 부력으로 윗주형틀이 들리게 되는 힘

$$P = \gamma \cdot A \cdot h \text{ (정압의 경우)}$$

* 중추 : 압상력에 의해 들리는거 방지위해 위에 올려놓는 것. 압상력의 3배

* 주입시간: t

* 응고시간 : t

$$t = S\sqrt{W}$$

$$t \propto \left(\frac{V}{S}\right)^2$$

* 탕구비 (S 탕구:R 탕도:G 주입구)

* 탕구높이와 주입속도

* 응고층두께

$$S:R:G = \frac{\text{탕구면적}(A_s)}{\text{탕도면적}(A_R)}$$

$$v = c\sqrt{2gh}$$

$$\delta = k\sqrt{t}$$

* 소모성 주형 : 모래, 석고. 용융점 높은 금속 주조시. 마무리공정필요

영구주형 : 표면깨끗. 치수정확. 대량생산. 코어사용O, 결정립 미세. 철강은 흑연주형사용

6. 각종 노의 크기

- ① 용광로 : 철광석을 용해하여 1일동안 생산된 선철의 무게.(ton/day)
- ② 큐우폴라(용선로) : 매시간당 용해량(ton/hr), 주철 용해 / 크기: 송풍구~장입구 높이
- ③ 전로, 평로, 전기로(제강, 특수강), 반사로 :1회의 최대용해량 (ton/rev)
 - * 평로나 전로의 염기성법(토머스법) : 마그네시아 내화물을 사용한다.
- ④ 도가니로 : 1회에 용해할 수 있는 구리의 중량을 번호로 표시.
 - * 탕구계 : 쇳물을 주입하기 위한 통로(쇳물받이 → 탕구 → 탕류 → 탕도 → 주입구)
 - * 덧쇳물(feeder;압탕) : 주형내 쇳물압력 부과, 수축공 없는 치밀한 주물, 쇳물 부족분 보급. 주형내의 불순물 및 용제를 밖으로 배출.

7. 주물의 결함

- ① 수축공 : 응고시 쇳물 부족으로 공간이 생기는 것
방지법: 쇳물아공이를 크게, feeder 설치, 냉각쇠 사용
- ② 기공 : 가스배출의 불충분이 가장 큰 원인
방지법: 통기성 좋게, 쇳물아공이 크게, riser설치, 수분 제거, 쇳물의 주입온도 알맞게
- ③ 편석 : 용융금속에 불순물이 있을 때 발생
특정성분 집중 석출, 重·輕 분리, 결정들의 각부 배합이 달라질 때
- ④ 균열 : 수축 불균일로 응력이 발생하여 주물에 금이 생기는 현상.
방지법: 온도차를 적게 하고 급랭 방지, 두께차 줄일 것, 각진 부분 라운딩
- ⑤ 탕경(콜드셋) : 쇳물경계. 양쪽에서 쇳물이 만났을 때 완전히 융합못한 것
- ⑥ 지느러미(핀) : 고어프린트 부분에 쇳물이 흘러나와 굳은 것
- ⑦ 스캐프 : 주물표면에 나타나는 모래파손의 결함

8. 특수 주조법

- ① 칠드주조법 : 사형(砂型)과 금속형(金屬型)을 사용하며, 내마모성이 큰 주물을 제작할 때 표면은 백주철(시멘타이트)이 되고 내부는 회주철이 된다.
- ② 원심주조법 : 주형을 300~3000rpm으로 고속회전시켜 원심력에 의해 코어없이 중공주물 제작 (피스톤링, 실린더 라이너 등의 제작) . 수축공, 기공X , 영구+비영구 둘다사용. 수평식, 수직식
- ③ 다이캐스팅 : 금형에 고압으로 주입시켜 소형 및 정밀한 주물제작(단시간에 대량생산, 표면 깨끗, 치밀) 사용 재료: 아연,알루미늄,구리 등의 합금.(Cu,Al,Zn,Sn,Mg)
- ④ 셸 몰드법 : 규소모래와 열경화성 수지 이용.
- ⑤ 인베스트먼트법 : 모형을 왁스나 파라핀을 이용.
- ⑥ 진공주조법 : 고급재질이 요구되는 강의 주조에 사용.(베어링강, 공구강, 스테인레스강)
- ⑦ 이산화탄소법 : 규사+규산나트륨 혼합, 복잡한 형상의 코어제작에 적합
- ⑧ 자경성주형법 : 모래에 수지,시멘트 등 점결제를 사용하여 경화시간 단축을 위해 경화촉진제 사용

제2장 소성가공

1. 가공경화 및 재결정

- ① 가공경화 : 재료에 외력을 가하여 변형시키면 굳어지는 현상
(예: 철사를 반복하여 구부릴수록 더욱더 구부리기 어려워지는 현상.)
- ② 재결정 온도 : 열간(고온)가공과 냉간(상온)가공이 구분되는 온도.

Fe : 400°C, W : 1200°C, Ni : 600°C, Pt : 450°C, Au, Ag, Cu : 200°C

③ 냉간가공의 장·단점

- 장점 : 제품의 치수 정확, 가공면이 아름답다. 기계적 성질 개선, 강도,경도증가 및 연신을 감소
- 단점 : 가공방향으로 섬유조직이 되어 방향에 따라 강도가 다르다.

2. 소성가공의 종류

- ① 단조(forging) : 일반적으로 가열상태에서 단조 기계나 해머로 두들겨 성형하는 방법
- ② 압연(rolling) : 두개의 롤러를 통과시키면서 소정의 제품을 가공하는 방법
- ③ 압출(extruding) : 컨테이너 속에 넣고 압력을 가해 압축시켜 가공하는 방법
- ④ 인발(drawing) : 일감을 길이방향으로 잡아당겨 늘리는 가공방법
- ⑤ 전조(roll forming) : 수나사, 볼, 세레이션, 기어가공에 주로 사용.
- ⑥ 판금 가공(sheet metal working) : 디프 드로잉, 프레스 가공, 전단 가공, 굽힘가공 등을 이용함.
- ⑦ 널링가공 : 손으로 잡는 부분이 미끄러지지 않도록 무늬

3. 단조의 종류

- (1) 자유단조(free forging) : 금형을 사용하지 않고 대형물에 사용.
 - ① 눌러붙이기(up setting) : 재료를 축방향으로 압축하여 단면적 크게 길이를 짧게 하는 작업
 - ② 늘리기(drawing) ③ 단짓기(setting down) ④ 절단(cutting off) ⑤ 굽히기(bending)
 - ⑥ 구멍뚫기(punching) : 얇은 재료에 사용.
- (2) 형단조(die forging)
 - : 금형 사용하여 소형제품 대량생산, 정밀도 높고 가격저렴(주철은 단조가 되지 않는다.)
 - 형단조 설계시 주의사항
 - ① 라운딩 ② 플래시(재료 샘 방지, 완충 역할) ③ 파팅라인(금형분리선) ④ 빼기경사(내측>외측)
 - * 강의 최고단조온도 : 1200°C(용융점 100°C이내), 강의 단조완료온도 : 800°C(재결정온도근처)
 - 열간단조 : 해머, 프레스, 업셋, 압연
 - 냉간단조 : 골드헤딩, 코이닝, 스웨이징
- (3) 단조재료 구비조건 : 조직미세. 편석있어도됨. 취성X(ex.주철). C와S 적어야함(C:취성, S:적열취성)

4. 단조프레스 용량 (Q) 및 단조해머의 효율 : η, 단조에너지 : E

$$Q = \frac{Ak_f}{\eta} \text{ (ton)}, \quad \eta = \frac{\omega_2}{\omega_1 + \omega_2}, \quad E = \frac{W}{2g} V^2 \eta \text{ (Kg} \cdot \text{m)}$$

A : 유효단조면적(mm²) k_f : 변형저항(kgmm²) η : 기계효율(0.7~0.8)

5. 압연가공

① 압연가공에서의 압하율(A)

$$A = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \times 100 \%$$

- ② 자력압연조건 : μ ≥ tan θ (접촉각θ가 작거나 마찰계수μ가 커지면 스스로 압연이 가능하다)
- ③ 압연 롤러의 구성요소 : 몸체(body), 네크(neck), 웨블러(webbler)
- ④ 압연의 종류
 - 분괴압연(blooming) : ingot(강괴)에서 제품의 중간재를 만드는 압연 : bloom(블룸), slab(슬래브), sheet bar(시트바), billet(빌릿) 등이 있다.
 - 판재압연 : 열간압연에서 잉곳을 슬래브, 시이트 바아로 압연후 이것을 판재(후판,박판)로 압연.
 - 형재압연 : 봉재, 평재, 형재, 레일 등을 제조하는 압연
- ⑤ 압연 Roller의 절손원인
 - ; Roller의 neck의 절손, neck과 동체경계의 절손, 동체절손, Roller의 표면거칠기
- ⑥ 압하율 크게 하는법
 - 지름 큰 롤러, 회전속도↓, 온도↑, 마찰계수↑, 축에 평행한 홈
- ⑦ 중립정(등속점) : 롤러압력최대. 마찰↑→입구쪽. 마찰력 방향이 달라짐. 열간에선 오목, 냉간에선 볼록.

6. 인발가공

(1) 인발가공에서의 단면감소율(ψ) 및 가공도(S)

$$\phi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% , \quad S = \frac{A_1}{A_0} \times 100\%$$

- (2) 인발가공의 인자 : 인발력, 다이각도, 단면감소율, 윤활법, 역장력
 (3) 특징 : 다이압력 출구로 갈수록 감소. 단면감소율 증가→다이각 증가
 역장력↑→인발력↑, 다이수명↑, 온도상승↓, 다이압력↓, 추력↓

7. 압출가공

- ① 종류 : 직접압출(전방), 간접압출(후방,역식), 충격압출(튜브, 건전지 케이스 등의 제작), 정수압압출(취성가능)
 -간접압출은 직접압출에 비하여 재료손실이 적고, 동력이 적다.
 ② 압출재료 : Cu, Al, Zn, Sn, Pb 등의 연질 금속
 ③ 압출비 = 빌렛의 초기 단면적 / 압출후의 단면적
 * 제관법에서 이음매 없는 강관(seamless pipe) 제작에는 천공법(穿孔法)이 대표적이며, 종류로는 **만네스맨법**, 압출법, 에르하르트법, 스티펠법, 커핑법 등이 있다.

8. 프레스 가공의 분류

- ① 전단가공 : 블랭킹, 펀칭, 전단(shearing), 트리밍, 세이빙, 노칭, 분단(parting)
 ② 성형가공 : 굽힘, 비딩, 인장, 디프 드로잉, 벌징(밀부분 볼록), 스피닝(선반이용하여 가공), 시밍 네킹, 교정, 컬링(끝말기), 마포옴법(고무사용), 하이드로포옴법(고무대신 액체사용)
 ③ 압축가공 : 압인(coining:주화,메달), 엠보싱(두께 변화가 없는 요철가공), 스웨이징, 충격압출
 *뒹 드로잉 소재지름 $d_0 = \sqrt{d^2 + 4dh}$, 드로잉률 = $\frac{\text{제품지름}}{\text{소재지름}}$ *드로잉비 : 드로잉률의 역수

9. 전단가공

- ① 전단에 요하는 힘(P) 및 소요동력 (H or H')

$$P = \pi d t \tau (kg) , \quad H = \frac{P v_m}{75 \times 60 \times \eta} (ps) , \quad H' = \frac{P v_m}{102 \times 60 \times \eta} (kw)$$

- ② 유압프레스 용량 : Q

$$Q = \frac{A K_f}{\eta} (kg)$$

10. 스프링 백(spring back) : 굽힘가공을 할 때 굽힘 힘을 제거하면 판의 탄성 때문에 탄성변형 부분이 원상태로 돌아가 굽힘각도나 굽힘 반지름이 커지는 현상.

- * 스프링백이 커지는 경우
 - 탄성한계, 경도, 구부림 반지름이 클수록, 두께가 얇을수록, 구부림 각도, 탄성계수가 작을수록
 * 굽힘에 요하는 재료의 길이 : $L = A+B+2\pi \times \theta/360^\circ(R +0.5t)$

*판금작업 순서 : 전개도 - 판뜨기 - 자르기 - 굽히기 - 접합 판뜨기 (d-t)π

*화학적 가공순서 : 청정 - 마스크 - 에칭 - 피막제거 - 수세

제 3장 용접(welding)

1. 용접법의 종류

(1) 용접

A) 가스용접 : 산소-아세틸렌용접(3430°C), 산소-프로판용접(2820°C), 산소-메탄용접(2700°C), 산소-수소용접(2900°C)
 장점- 전기X, 열량조절 쉬움, 단점- 온도가 낮다. 열손실이 크다. 변형이 많다

B) 아크용접

- ① 피복아크 용접: 직류정극성(모재:+,전극:- , 후판, 용입깊음) ② 탄소아크 용접
 직류- 감전위험↓, 고장,소음,가격↑ 교류- 감전위험↑, 고장,소음,가격↓
 ③ 불활성가스 아크용접: MIG(금속 비피복봉 전극,소모식;직류역극성,모든금속), TIG(텅스텐봉 전극,비소모식)
 - 용제가 필요없다. 슬래그 없음. 스테인리스, 내열강, 알루미늄 합금, 마그네슘 합금에 적합
 ④ CO₂ 아크용접 : 연강용접에 사용
 ⑤ 원자수소 아크용접: 열원으로 원자수소가스의 반응열을 이용한 용접.
 ⑥ 서브머지드 아크용접 : 송급된 분말용제속에 용접심선을 공급해 심선과 모재사이에서 아크를

발생시켜 용접(열손실 가장적다) 상품명으로 잠호용접, 유니언 멜트용접, 링컨용접 등이 있다.

- ⑦ 스티드 용접 : 볼트나 환봉등의 선단과 모재사이에 아크를 발생시켜 가압하여 접합하는 용접
- ⑧ 프라즈마 아크용접: 기체를 수천도의 높은 온도로 가열하면, 그속의 가스원자가 원자핵과 전자로 유리되어 양음의 이온상태로 된다. 핀치효과가 크며 용입크고 나비좁고, 용접속도가 빠르다.

C) 특수용접

- ① 테르밋 : 산화철(Fe₃O₄)과 알루미늄분말을 반응열을 발생시켜 접합. 두꺼운판과 레일접합
- ② 일렉트로 슬래그 용접 : 와이어와 용융 슬래그 사이에 통전된 전류의 저항열을 이용하여 용접
- ③ 전자빔 용접 : 높은 진공중에서 고속의 전자빔을 형성시켜 그 전류가 가지고 있는 에너지를 열원으로 한 용접
- ④ 고주파용접 : 플라스틱과 같은 절연체의 발열 이용

(2) 압접

A) 전기저항용접

$Q = 0.24I^2Rt (cal)$, 전기저항용접의 3요소 : 전류, 시간, 압력

- ① 겹치기 이음 : 점(spot)용접 또는 프로젝션 용접 : 판금 공작물 접합에 사용.
 심 용접 : 얇은 용접관을 연속적으로 제작.
 - 심용접의 종류 : 메시·포일·맞대기 시임 용접
- ② 맞대기(butt)이음 : 엷맞대기 용접, 플래시 버트용접, 방전충격(퍼커션)용접

B) 특수압접

- ① 가스 압접 : 가스불꽃을 사용하여 압력을 가하여 접합
- ② 단점 : 용접물을 가열하여 해머등으로 타격을 가하여 압접하는 방법.
- ③ 마찰용접 : 선반과 유사한 구조의 용접기로 접합면에 압력을 가한 상태로 회전시켜 마찰열로 접합
- ④ 초음파 용접, ⑤ 폭발 압접, ⑥ 유도가열 용접

(3) 납땜

- ① 연납(soft solder) : Sn +Pb의 합금. ② 경납(hard solder)

2. 용접이음의 장점 및 단점

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① 장점 - 기밀,수밀성 및 효율 향상 - 공수절감 및 작업속도가 빠르다 - 제품의 성능과 수명 향상 - 자재 절약, 작업의 자동화가 가능 | <ul style="list-style-type: none"> ② 단점 - 용접부의 결함검사 곤란 - 응력집중 발생 - 용접의 기술 및 용접 모재의 재질에 따라 용접성 좌우 |
|---|--|

* 용접 중 변형방지: 가접, 용접 후 변형방지: 피닝 , 용접 후 잔류응력제거: 풀림

3. 가스용접법

(1) 불꽃의 종류(산소-아세틸렌 용접)

- ① 표준불꽃(중성불꽃) : 연강,주철,구리,알루미늄의 용접 ($C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$)
- ② 탄화불꽃(아세틸렌과잉불꽃) : 경강,스테인레스강판,스텔라이트,모넬메탈
- ③ 산화불꽃(산소과잉불꽃) : 황동용접
 - 불꽃심에서 2~3mm 떨어져 용접

(2) 가스절단이 가장 잘 되는 재료는 연강 및 주강이다. 주철,Al,Zn,Sn,Pb : X

(3) 팁의 능력

- ① 프랑식: 1시간동안 표준불꽃으로 용접 시 아세틸렌의 소비량 (100번,200번,300번 : 100ℓ,200ℓ,300ℓ)
- ② 독일식: 용접할 판의 두께 (1번, 2번, 3번 : 1mm, 2mm, 3mm)

*가스가우징(gas gousing) : 토치를 사용하여 강재의 표면에 둥근홈을 파내는 작업

4. 피복제의 역할

- ① 대기중의 산소 및 질소의 침입을 방지하고 용융금속을 보호
- ② 용착 금속의 기계적 성질 개선 및 탈탄,정련작용
- ③ 아크 안정, 용착 효율을 높인다.
- ④ 슬래그 제거, 비드를 깨끗이 한다.
- ⑤ 용융금속의 응고와 냉각속도를 지연시켜 준다.

* 용제(flux) : 용접중 고온에서 공기와 접촉하기 때문에 산화가 일어나는데 산화물을 제거시 사용.

* 슬래그(slag): 비드 표면을 덮어서 용착금속의 산화와 질화를 방지하고, 용접 금속을 보호한다.

6. 용접의 구조상 결함

- ① 언더컷 : 전류가 너무 높고, 아크 길이가 너무 길 때, 운봉속도가 너무 빠를 때 발생.
- ② 오버랩 : 전류가 너무 낮고, 아크 길이가 너무 짧을 때, 운봉속도가 너무 느릴 때 발생.
- ③ 스파터 : 전류과다, 아크 과대, 용접봉 결함 / 용착금속이 방울형태로 부착
- ③ 슬래그 섞임 : 녹은 피복제가 용착금속 표면에 떠 있거나 용착금속 속에 남아 있는 것.
- ④ 기공 : 용착금속 속에 남아 있는 가스(H_2, O_2, CO)로 인한 구멍으로 습기가 많고 기름, 녹, 페인트 등이 부착, 용접부 급랭, 과대 전류 사용시에 발생.
- ⑤ 용입불량 ⑥ 균열 ⑦ 선상조직, 은점 ⑧ 잔류응력의 과대

* 용접기호

제5장 수기가공(손다듬질) 및 정밀측정

1. 손다듬질 작업순서

- ① 금긋기 작업 * 바이스의 크기 : 물릴수 있는 조오의 최대폭
- ② 편칭 및 드릴링 : 편칭의 끝각은 90° 이다.
- ③ 쇠톱질 : 쇠톱은 밀때 절단되며, 톱날의 크기는 양단 구멍중심에서 중심까지의 길이로 표시
- ④ 정작업 : 정의 날끝각은 연강($45\sim 55^\circ$), 주철($55\sim 60^\circ$), 경강($60\sim 70^\circ$)
- ⑤ 줄작업 : 탄소공구강(STC)으로 만든다.
 - i) 종류: 직진법(일반적, 정상), 사진법(거친절삭, 모따기), 횡진법(병진법:좁은 면)이 있다.
 - ii) 줄눈의 형상 : 홀줄날(연철 및 얇은판의 가장자리절삭), 겹줄날(상목:절삭, 하목:칩배출) 라스프줄(목재, 가죽 등의 비금속재료), 곡선줄(칩배출이 용이) 등이 있다.
 - iii) 줄눈의 크기는 1인치에 대한 눈금 수.
- ⑥ 스크레이퍼 작업 : 줄질 작업 후 더욱 정밀한 평면 또는 곡면으로 다듬질할 때 작업시 정반, 광명단, 스크레이퍼를 사용.

2. 리이머 작업 및 태핑

- ① 리이머 작업 : 드릴로 뚫은 구멍을 더욱 정밀하게 다듬는 공구이며, 떨림(채터링)을 방지하기 위해 날의 간격을 다르게 한다.
 - * 리이머는 드릴보다 절삭속도는 느리게 이송은 빠르게 한다 (3~4배)
- ② 태핑 : 암나사를 만드는 공구이며, 핸드탭은 3개가 1조로 되어 있다.
 - 가공률 => 1번탭: 55%, 2번탭: 25%, 3번탭: 20%
 - * 탭 구멍의 지름 : $d = D - p$
- ③ 스폿 페이스링 : 볼트자리 만들기
- ④ 카운터 싱킹 : 머리문기 (원뿔모양)

3. 직접측정기

- ① 버어니어 캘리퍼스 : 길이(외경), 폭(내경), 깊이를 측정. 종류: M형, CB형, CM형 등이 있다.
 - 1/20 : 본척-1mm, 부척-19mm를 20 등분
 - 1/50 : 본척-0.5mm, 부척-24.5mm를 25 등분
- ② 마이크로미터 : 보통 삼각나사의 피치가 0.5mm에 딴블의 원주를 50등분하여 최소 측정값이 0.01mm이며, 크기는 0~25mm, 25~50mm, 50~75mm, 75~100mm 등이 있다.
- ③ 하이트 게이지 : 높이 측정 및 금긋기 작업에 사용.
 - 종류는 HT형(0점 조정이 가능), HB형, HM형 등이 있다.
- ④ 측정기 : 안지름, 작은구멍, 암나사, 테이퍼 측정이 가능. 정밀게이지, 공구검사에 사용.
 - * 아베의 원리: "표준자와 피측정물은 같은 축선상에 있어야 한다."
 - 적용: 외측 마이크로미터, 위배: 버어니어 캘리퍼스

4. 비교측정기

- ① 다이얼게이지 : 비교측정기의 대표적이며, 평면도, 진원도, 축의 흔들림, 직각도 등의 측정에 사용.
 - * 진원도 측정방법에는 직경법, 반경법, 삼점법 등이 있다. (기어를 이용한 확대지시장치)
- ② 공기 마이크로미터: 공기의 흐름을 확대기구로 하여 길이를 측정하는 방법
- ③ 전기 마이크로미터: 측정자의 기계적 변위를 전기량으로 변환하여 지시계의 지침을 측미기로 측정.
- ④ 옵티미터 : 광학적으로 미소범위를 확대하여 측정

⑤ 미니미터 : 레버 확대기구를 이용하여 수백, 수천배 확대시켜서 측정

5. **블록게이지** : 게이지중 가장 정밀도가 높으며, 건식래핑에서 얻어진다. (조합밀착하여 사용가능)
* 분류 : 연구소용,참조용(AA급), 표준용(A급), 검사용(B급), 일감용,공작용(C급)

6. **한계 게이지** : 다량의 동일제품의 치수를 측정할 때 사용하는 게이지로 한쪽은 통과 다른 한쪽은 정지측으로 되어 있다.

- ① **구멍용 한계게이지** : 플러그 게이지, 평 게이지, 봉 게이지 등이 있다.
- ② **축용 한계게이지** : 스냅 게이지, 링 게이지 등이 있다.
- ③ **테일러의 원리** : "통과측에는 모든 치수 또는 결정량이 동시에 검사되고 정지측에는 각 치수를 개개로 검사하지 않으면 안 된다."

7. **각종 게이지(표준 게이지)**

- ① **센터 게이지** : 선반작업의 나사 절삭시 바이트 위치나 바이트의 각도를 검사하는데 사용.
- ② **틈새 게이지(thickness gauge)** : 미세한 간격이나 틈새를 측정하는데 사용.
- ③ **피치 게이지** : 나사산의 피치를 측정.
- ④ **와이어 게이지** : 철사의 지름 및 판의 두께 측정.
- ⑤ **반지름 게이지(radius gauge)**
- ⑥ **드릴 게이지(drill gauge)**

8. **사인 바(sine bar)** : 45°이하의 각도측정에 사용.

$$\sin \alpha = \frac{H-h}{L}$$

9. **광선정반(optical flat)** : 광파간섭현상 이용. 평면도 검사, 간섭 무늬수 2개(250mm미만), 4개(250mm이상)
평행광선정반(optical parallel) : 평행도 검사 및 마이크로미터의 정도 검사.
* 이두께 측정법 : 현 이두께법, 걸치기 이두께법, **오우버핀법** 등이 있다.
* 기어의 측정에는 치형의 정확도, 이두께, 피치, 편심오차 등을 측정하고 검사한다.

10. **나사의 유효지름 측정**

- ① 나사 마이크로미터
- ② **삼선법(삼침법)** : 가장 정밀 (미터나사: $d_e = M - 3d + 0.86603p$)
- ③ **공구현미경 또는 투영기** : 나사산의 각, 높이, 피치 및 d, d_e, d_1 을 측정할 수 있다.

11. **오토콜리메이터(Auto Collimator)** : 수준기와 망원경을 조합한 것으로 미소각도를 측정하는 광학적 측정기. 평면경 프리즘, 펜타프리즘, 폴리곤 프리즘 으로 이루어짐

제 7장 절삭 이론

1. **공작기계의 기본운동**

- ① **절삭운동 => 공구** : 밀링, 드릴링, 보오링, 세이퍼, 슬로터, 브로우칭 M/C, 평면연삭기
일감 : 선반, 플레이너
일감+공구 : 호빙 머신, 래핑, 원통연삭기
- ② **이송운동** ③ **조정운동(위치조정운동)**

2. **칩의 종류 (칩의 형성: 전단변형)**

- ① **유동형** : 인성이 있는 연한 재질, 연속적인 칩, 가공면이 아름답다.
* 조건 : 절삭속도 빠를 때, 경사각이 클 때, 절삭깊이가 작을 때
- ② **전단형** : 연성재료를 저속으로 절단. 칩이 일정간격을 유지, 절삭각이 크고(윗면경사각 ↓) 절삭깊이가 클 때
- ③ **열단형(경작형)** : 점성이 큰 재료, 가공면이 거칠다.
- ④ **균열형** : 취성재료(주철)을 저속으로 절삭할 때. 채터링 발생
* **칩 브레이크** : 연속적인 칩을 짧게 끊어주는 장치이며, 안전장치의 역할을 한다.

3. **구성인선(built-up edge)** : 절삭재료가 고온고압에 의하여 공구 인선에 공작물이 응착하여 실제 절삭날의 역할을 하는 현상.(발생 → 성장 → 분열 → 탈락을 반복 : 1/10 ~ 1/200초정도)
* **방지책** : 절삭속도 빠를 때, 경사각이 클 때, 절삭깊이가 작을 때, 윤활성이 있는 절삭제를 사용.

4. 절삭속도(V) 및 절삭시간(T) , 동력(H or H')

$$V = \frac{\pi d n}{1000} (m/min) , T = \frac{\ell}{n s} = \frac{\pi d \ell}{1000 V s} (min) , H = \frac{P V}{75 \times 60} (ps) , H' = \frac{P V}{102 \times 60} (kw)$$

전단각 $\tan \phi = \frac{r_c \cos \alpha}{1 - r_c \sin \alpha}$, 절삭비 $r_c = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \alpha)} = \frac{\text{절삭깊이}}{\text{칩두께}}$

절삭비는 일반적으로 1보다 작으며 1에 가까울수록 절삭성이 좋다
 전단각이 증가하면 전단력이 감소하고 경사각이 증가한다.
 전단각이 감소하면 큰 절삭력이 필요하다
 칩의 두께가 두거울수록, 공구와 칩 사이 마찰이 증가할수록 전단각은 감소한다

5. 절삭저항 3분력 크기순서 : 주분력 > 배분력(정밀도에 영향) > 이송분력(횡분력)

절삭저항력에 영향을 미치는 요소: 경질재료일수록 저항력 증가, 고속, 날끝각, 경사각 클수록 저항력 감소
 - 가공면의 표면거칠기 : 구성인선X → 표면거칠기 양호

표면거칠기 최대높이 : $H = \frac{S^2}{8r}$

6. 공구의 수명 및 마멸

- ① 테일러의 공구 수명식 : $VT^n = C$
- ② 공구의 수명은 절삭속도, 이송, 절삭깊이의 순으로 영향을 받는다.
- ③ 공구의 마멸 : 크레이터 마멸(공구의 윗면이 칩에 의해 움푹 파여지는 현상), 플랭크 마모 (플랭크면이 절삭면에 평행하게 마멸), 치핑(결손, 날끝탈락), 확산마모(공구원자가 고온에 의해 공작물로 이동), 용착마모(칩의 일부가 공구에 부착), 고온소성마모(고속절삭에서 고온에 의해 생성), 연삭마모(저속절삭에서 파편에 의한 마모)

*줄눈모양(탄소공구강)

- 귀목 : 연한금속, 가죽 -단목 : 연한금속, 얇은판 측면
- 복목 : 일반다듬질 -파목 : 특수 다듬질

8. 절삭제

- ① 절삭유의 3작용 : 냉각작용, 윤활작용, 세척작용
- * 극압유(윤활목적), 주철은 절삭유를 사용하지 않는다.
- 절삭온도 : 경도,강도가 크고 열전도도가 낮을수록 절삭온도가 높아진다.
 절삭온도는 절삭속도의 제곱에 비례하여 높아짐.
 절삭온도 노즈에서 약간 떨어진 부분이 최대
- 절삭온도 측정 : 칩의 색깔, 열량계(칼로미터), 열전대, 복사고온계, 시온도로, Pbs광전지 사용

9. 공구각

- ① 경사각 : 절삭력에 영향을 주며 경사각이 클 때 절삭저항은 감소하지만 날끝이 약해진다.
- ② 여유각 : 공구와 일감의 접촉(마찰)방지

제 8장 선반가공

- * 선반의 크기: 공작물의 최대지름(베드상의 스윙), 양센터사이의 최대거리, 왕복대상의 스윙, 베드길이
- * 키홈가공은 선반작업 안함

1. 선반의 종류

- ① 터릿 선반 : 여러개의 공구를 방사형으로 설치, 콜릿척을 주로 사용하며 대량생산에 사용.
 * 콜릿척 : 가는 지름 또는 각재를 연속 가공할 때 편리.
- ② 모방 선반 : 형판이나 모형을 이용하여 형판과 같은 윤곽절삭
- ③ 수직 선반 : 공구의 길이방향 이송 및 주축이 수직으로 설치되어 있으며, 중량물 절삭에 사용.
- ④ 정면 선반 : 길이 짧고 지름이 큰 일감. 큰 면판을 구비
- ⑤ 차축 선반 : 철도차량용 차축을 주로 가공
 이외 탁상 선반, 보통 선반, 다인 선반, 공구선반, 크랭크축 선반, 캠축 선반,...

2. 선반작업의 종류

외경, 내경, 단면, 절단, 홈, 테이퍼, 드릴링, 보오링, 암·수나사, 정면, 곡면, 총형, 널링(갈जू기)
 구면가공, 육면체가공, 곡면절삭 등

3. 선반의 구조

- ① 주축대 : 공작물을 지지하면서 회전을 주는 곳
 - 중공으로 되어 있어 긴 일감 가공 가능. 재질 Ni-Cr강
 - 앞쪽에 모오스 테이퍼(T=1/20)가 있으며, 회전센터(live center)를 삽입할 수 있다.(재질:연강)
- ② 심압대 : 공작물지지
- ③ 왕복대 : 베드위에서 가로,세로 이송
 - 공구대, 새들, 에이프런(자동이송장치) 로 구성.
 - 복식공구대는 새들 위에 있으며 공구를 설치하고 주로 짧은 길이의 테이퍼 절삭에 사용.
- ④ 베드 : 주축대, 심압대, 왕복대를지지
 - 미국식(산형, 정밀가공), 영국식(평형, 강력절삭). 재질 고급주철

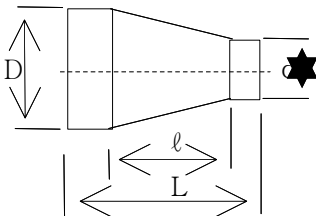
5. 선반의 부속장치

* 센터의 선단각 : 보통일감 60°, 대형일감 75°,90°

- ① 하프센터(끝면 깎기에 사용), 정지센터(심압대에 삽입, 정밀작업), 회전센터(주축에 삽입)
- ② 베어링 센터(중량물 가공 및 고속회전 절삭에 사용), 파이프센터(구멍이 큰 공작물 가공)
 - 척: 주축에 고정하여 공작물을 고정하고 회전시킴.
- ③ 단동척 : 조오4개(개별적), 불규칙한 일감고정, 편심가공가능 (4단3연)
- ④ 연동척(스크롤척) : 조오3개(동시에), 균일한 일감(원형, 삼각형, 육각형등)
- ⑤ 마그네틱척(자기척) : 두께가 얇은 일감을 고정
- ⑥ 심봉(mendrel) : 내면을 다듬질한 중공의 일감 외경을 가공(기어나 폴리의 소재가공)
- ⑦ 방진구 : 가늘고 긴 일감의 가공시 자중으로 휘거나 절삭력에 의한 변형 방지. (이왕새고베)
 - 고정방진구(베드에설치, 조3개) , 이동방진구(왕복대,새들에 설치, 조2개)
- ⑧ 양센터 작업에 필요한 부속장치 : 주축센터, 심압센터, 돌림판, 돌리개 등이 필요하다.
 - 중공 제품을 가공시에는 심봉(mandrel)이 필요하다.

6. 테이퍼 절삭

- ① 공구대를 선회 시키는 방법($\tan\theta$) : 테이퍼가 크고 길이가 짧을 때
- ② 심압대를 편위시키는 방법(편위량: χ) : 테이퍼가 작고 길이가 긴 경우
- ③ 테이퍼 절삭장치(어테치먼트)에 의한 방법 : 릴리빙 선반 또는 공구선반



$$\tan\theta = \frac{D-d}{2\ell} , \quad \chi = \frac{(D-d)L}{2\ell} \text{ (mm)} , \quad T = \frac{D-d}{2}$$

7. 나사절삭

$$\frac{\text{일감의 피치(mm)}}{\text{리드 스크류의 피치(mm)}} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \quad \begin{array}{l} \text{변환기어 잇수 : 20 ~ 120, 127개} \\ \text{영국식 5배수, 미국식 4배수} \end{array}$$

8. 절삭속도(V) 및 절삭시간(T), 동력(H)

$$V = \frac{\pi d n}{1000} \text{ (m/min)} , \quad T = \frac{\ell}{ns} = \frac{\pi d \ell}{1000 V s} \text{ (min)} , \quad H = \frac{P V}{75 \times 60} \text{ (ps)}$$

제 9장 밀링가공

1. 밀링 머신의 작업종류

: 평면(플레인 커터: 수평밀링, 정면커터: 수직밀링), 홈(엔드밀), 측면, 절단(메탈소오), 각도절삭
총형절삭(기어, 나선홈등)

2. 밀링 머신의 크기 : 번호로 표시(No. 0 ~ N0. 5 : 번호가 클수록 큼)

- ① 테이블면의 크기
- ② 테이블의 최대 이동거리(좌우×전후×상하)

- ③ 주축의 중심선에서 테이블면까지의 최대거리(수평), 주축단에서 테이블면까지의 최대거리(수직)
- ④ 주축대의 최대 이동거리(수직)

3. 상향절삭 ↔ 하향절삭

* 상향절삭 : 커터의 회전방향과 일감의 이송방향이 서로 반대

- ① 커터의 수명 짧고 동력소비 많다.
- ② 가공면이 거칠다.
- ③ 공작물 고정이 불안정하다
- ④ 절삭시 칩 방해가 없다.
- ⑤ 백래시 발생이 없다(백래시 제거장치가 필요없다).

4. 절삭속도(V) 및 1분간의 테이블 이송속도(f)

$$V = \frac{\pi d n}{1000} (m/min) \quad , \quad f = f_z \cdot z \cdot n = f_z \cdot z \cdot \frac{1000V}{\pi d} (mm/min)$$

5. 분할작업

- ① 직접분할법 : 24구멍을 이용하여 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24등분만 가능.
- ② 단식분할법 : 브라운 샤프형과 신시내티형 * 밀워키형
크랭크축 1회전시 스피들은 1/40(9°)회전한다.

$$n = \frac{40}{N} \quad , \quad n = \frac{\chi^\circ}{9^\circ}$$

$$n = \frac{5}{N} = \frac{h}{H}$$

- ③ 차동(만능)분할법 : 변환기어 12개, 1008등분까지 가능.

6. 헬리컬 기어가공

$$\frac{a}{d} = \frac{L}{40p} \quad , \quad \frac{a \times c}{b \times d} = \frac{L}{40p} \quad , \quad \tan \theta = \frac{\pi d}{L}$$

제 10장 연삭가공

1. 원통연삭기의 종류

- ① 테이블 왕복형 ② 스톨대 왕복형 ③ 플런지컷 형(스톨길이 > 가공물)
- ④ 만능연삭기: 스톨대 및 테이블이 선회: 테이퍼 연삭, 내면연삭
- ⑤ 센터리스 연삭기: 센터나 척을 이용하지 않고 가늘고 긴 일감의 원통연삭. 대형은 불가능
* 조정스톨바퀴의 역할 : 일감의 회전 및 이송

2. 연삭스톨바퀴의 3요소 : 스톨입자 (날), 결합제, 기공 (칩을 피하는 장소) *기공입결

3. 연삭스톨들의 5대 구성요소

WA 46 L M V

- ① 스톨입자 : Al₂O₃ (A스톨: 일반강재, WA스톨: 열처리강, 특수강, 고속도강, 백색)
SiC (C스톨: 주철, 비철금속, 고무, 도자기, 플라스틱 GC스톨: 초경합금, 유리, 녹색)
- ② 입도 : 스톨입자의 크기를 번호로 표시(메시, mesh)
- ③ 결합도 : 스톨의 단단한 정도(LMNO: 중간, HIJK: 연하다, PQRS: 경하다)
- ④ 조직 : 스톨의 밀도(C;0,1,2,3 : 치밀, M;4,5,6 : 중간, W;7,8,9,10,11,12 : 거친)
- ⑤ 결합제 : V : 비트리파이드(점토와 장석), S : 실리케이트(규산나트륨), R : 고무,
B : 레지노이드(베이클라이트), E : 셀락, PVA : 비닐결합제, M : 금속결합제

4. 연삭비 = $\frac{\text{피연삭재의 연삭된 부피}}{\text{스톨바퀴의 소모된 부피}}$

5. 연삭스톨들의 작용

- ① 글레이징(무덤) : 마모된 스톨입자가 탈락하지 않아 표면이 매끄러워지는 현상.(연삭불량)
- ② 로우딩(눈메움) : 칩이나 스톨입자가 기공에 차서 메워지는 현상.(연삭불량)
- ③ 드레싱 : 눈메움 또는 무덤 발생시 스톨표면을 드레서를 이용하여 스톨 날을 생성시키는 작업
- ④ 트루잉(모양고치기) : 스톨의 연삭면을 스톨과 축에 대하여 평행 또는 일정한 형태로 성형시키는 방법

- ⑤ 자생작용 : 연삭시 슷돌의 마모된 입자가 탈락되고 새로운 입자가 나타나는 현상.
 마멸 → 파괴 → 탈락 → 생성
 * 연삭균열 방지법 : 연삭스돌 사용, 이송 크게, 절삭깊이 적게, 충분한 연삭액을 주어 발열방지.

6. 컵형스돌에 의한 연삭

편심거리 — · √ √ 여기서, d:커터의 지름, γ: 여유각

제 11장 기타 범용공작기계

1. 드릴링 머신에 의한 가공

- ① 드릴링: 드릴로 구멍뚫기
- ② 리이밍: 드릴로 뚫은 구멍을 더욱 정밀하게 가공
- ③ 태핑: 암나사 가공
- ④ 보오링: 전가공상태에서 얻어진 면을 더욱 크고 정밀하게 가공
- ⑤ 스폿페이싱 : 볼트나 너트등이 닿는 부분을 평평하게 자리를 만드는 작업
- ⑥ 카운터 보오링 : 작은나사, 볼트의 머리부를 일감에 묻히게 하기 위한 단을 만드는 작업
- ⑦ 카운터 싱킹 : 접시머리나사의 머리부를 묻히게 하기 위해 원뿔자리를 만드는 작업

2. 드릴 머신의 종류

- ① 레이디얼 드릴링 머신 : 칼럼을 중심으로 360°회전. 주축은 아암을 따라 이동. 대형일감 가공
- ② 심공 드릴링 머신 : 깊은 구멍 가공(총열)
- ③ 다두 드릴링 머신 : 스피들이 여러 개 있으며, 특정제품의 대량 생산에 사용
- ④ 다축 드릴링 머신 : 다수의 구멍을 동시에 가공할 때 사용
- ⑤ 탁상 드릴링 머신 : 소형
- ⑥ 직립 드릴링 머신

3. 절삭공구

- ① 트위스트 드릴 : 가장 널리 사용
- ② 표준 드릴의 날끝각 : 118°, 여유각 : 12~15°, 비틀림각 : 20~32°
- ③ 드릴 자루부(tang)는 지름 13mm이하는 곧은 자루이고 지름13mm이상은 모오스 테이퍼로 되어 있다.
- ④ 시이닝(thinning) : 웨이브의 두께를 적게하여 절삭력을 향상시키는 것.(절삭저항 감소)
- ⑤ 웨브(web): 홈과 홈 사이의 두께
- ⑥ 마진(margin): 드릴의 홈을 따라 난 좁은 면

4. 드릴의 절삭속도(V) 및 절삭 시간(T)

$$V = \frac{\pi d n}{1000} (m/min) , T = \frac{(t+h)}{ns} = \frac{\pi d(t+h)}{1000vs} (min)$$

5. 보오링 머신 : 주조할 때 뚫린 구멍이나 드릴로 뚫은 구멍을 깎아서 크게 하거나 정밀하게 가공하는 작업. (외경, 내경, 암나사, 수나사, 드릴링, 리이밍 작업 등)

- * 종류
- ① 수평보링머신 : 일반적인 가장 널리 사용.(테이블형, 플로어형, 플레이너형)
 - ② 정밀보링머신 : 정밀한 보링.(진원도, 진직도)
 - ③ 지그보링머신 : 정밀 측정장치가 부착된 기계(공구나 지그 가공을 목적)

* 보링머신에서 주로 사용하는 공구는 보링 바이트이다.

지그 : 공작물의 위치결정, 절삭공구를 공작물에 안내

- 종류 : 템플릿지그(정밀도요구), 테이블지그(대형공작물), 박스지그(드릴링,대량생산), 분할지그(일정간격구멍)

6. 플레이너, 세이퍼, 슬로터

기계명	절삭운동	크기	가공물	급속귀환장치
세이퍼	램의 직선왕복운동	램의 최대행정	좁은면의 평면,홈,측면	크랭크 기어와 아암
슬로터	램의 수직왕복운동	램의 최대행정 회전테이블의 직경	구멍의 내면,키홈,스플라인,세레이션	크랭크 기어와 아암
플레이너	테이블의 직선운동	테이블의 최대행정	홈,내접기어등 큰일감 평면(주철제 정반)	벨트와 유압

7. 세이퍼의 절삭속도(V) 및 플레이너의 속도비(i)

$$V = \frac{Ln}{1000k} (m/min) , \quad i = \frac{V_s}{V_r}$$

8. 기어 절삭법

- ① 형판에 의한 법(모방절삭법)
- ② 총형공구에 의한 절삭법 : 밀링컬 사용
- ③ 창성법 : 인벌류우트 곡선을 그리는 원리를 응용한 이의 절삭 방법이며, 가장 널리 사용된다.
 - * 종류 : 래크 커터에 의한 방법 : 마그식 기어 세이퍼
 - 피니언 커터에 의한 방법 : 펠로우즈식 기어 세이퍼
 - 호브에 의한 방법 : 호빙 머신
- ④ 전조에 의한 방법 : 소형기어에 사용

9. 브로우칭 머신 : 브로우치라는 공구를 사용하여 일감의 표면 또는 내면을 필요한 모양으로

절삭가공하는 가공법으로 1회 통과시켜 제품을 완성한다.(작업시간 짧은편)

가공품의 모양이 복잡할수록 느린 속도로 가공한다.

주로 대량생산에 적합하며, 키홈, 스플라인 구멍, 다각형 구멍, 세그먼트 기어의 치형에 사용.

제 12장 정밀입자 가공 및 특수가공

1. 정밀입자가공

(연삭숫돌이용)	호운의 회전 및 직선왕복운동	3~10μ	보링, 연삭에서 가공된 구멍의 내면,외면 다듬질	왕복운동속도는 원주속도의 1/2~1/5 호닝유:등유나 경유에 라드유를 혼합 거친호닝입도:80~120번,보통:220~280 연삭입자:WA(강,주강), GC(주철,비금속)
	숫돌의 진동 및 직선왕복운동	0.1~0.3μ	변질층 표면깎기,원통외면,내면,평면다듬질	표면의 변질층 제거 짧은 시간(30초~2분)에 가공완료 방향성이 없는 다듬질
	랩과 랩제의 미끄럼 운동	0.0125~0.025	광학렌즈 건식법:블록게이지	가공면이 곱고, 정밀도↑, 대량생산 가능, 비용이 저렴, 내식성, 내마멸성이 우수 랩재료는 주철이 많이 쓰인다. 랩핑유:경화강에는 석유와 기계유를 혼합 유리,수정에는 물을 사용한다.

2. 방전가공 : 전극과 공작물 사이에 전압을 주면서 아크방전에 의한 열작용과 가공액의 기화폭발 작용으로 발생하는 열로 용융하여 가공

- ① 높은 경도를 갖는 재질(보석류, 경화강, 내열강)의 절단, 천공 등에 쓰이며 직류 축전기법이 대표적이다.
- ② 가공액으로는 변압기유, 스피들유, 석유, 물 등이 사용된다. (전기의 부도체)
- ③ 전극재료 : 흑연, 텅스텐, 구리합금등 (W, C, Cu) (공작물: +, 공구: -)
 - * 방전의 진행과정 : 암류 → 코로나 → 불꽃 → 글로 → 아크
 - * 와이어컷 방전가공 : 블랭킹 다이의 구멍가공에 적용 → 임의의 윤곽형상
 - *방전가공의 특징
- ① 정밀가공가능 (공작물간의 절삭력X)
- ② 복잡한 형상의 케비티 제작이 쉽다
- ③ 재료의 경도, 강도, 인성 등에 상관없이 가공가능
- ④ 전기전도성이 우수한 재료의 가공에 적합

- (1) 방전가공에서 전극재료의 조건
 - ① 방전이 안전하고 가공속도가 클 것.
 - ② 가공 정밀도가 높고 기계가공이 쉬울 것.
 - ③ 가공전극의 소모가 적으며, 구입이 쉽고 가격이 저렴할 것.

- (2) 방전가공기의 전원장치 회로방식
 - ① RC회로(콘덴서 방전회로) : 가장 기본적인 회로(축전기법)
 - ② TR회로(트랜지스터 방전회로) : 일반 방전기에서 많이 사용
 - ③ TR을 부착한 RC회로 : 현재 가장 많이 사용.

- 3. 초음파 가공** : 물이나 경유등에 연삭 입자를 혼합한 가공액을 공구의 진동면과 일감 사이에 주입시켜 가면서 16~30KHz/sec의 초음파에 의한 상하 진동으로 표면을 다듬는 가공방법
- ① 굳고 취약한 재료에 사용(초경합금,세라믹,유리,보석류)되며 구멍뚫기,절단,평면가공,표면가공 등을 한다.
 - ② 공구(흔)의 재료 : 황동, 연강, 공구강, 모넬메탈, 피아노선재등
 - ③ 연삭입자의 재질 : 알루미늄, 탄화규소, 탄화붕소 등이 있다.

- 4. 전해연마** : 전기 화학적인 방법으로 표면을 다듬질하는 방법
- ① 주로 치수정밀도보다는 표면에 광택이 있는 거울면이 중요시 될 때.
 - ② 드릴의 흠, 주사침, 반사경등이 있는 거울면을 얻을 수 있다.
 - ③ 철,강,주철X, 비철금속인 알루미늄, 구리계열의 전해연마는 쉬움
 - ④ 내식성, 내마멸성이 매우 좋다

*전해연삭 : 전해연마에서 생긴 가공물 표면피막을 연삭숫돌로 제거.(전해연마+연삭숫돌)

- 5. 버니싱 가공** : 원통의 내면 가공시 안지름보다 큰 공구를 압입하여 정밀도가 높은 면을 얻는 가공법

- 6. 텀블링(배럴연마)** : 금속과 비금속 등의 고형물에 대해 시행하며 대량의 일감을 1개의 배럴에 넣고 가공하므로 노력이 절감되고 모든 일감이 균일하게 다듬어지며, 많은 양을 한번에 다듬질하는 방법

- 7. 버핑** : 버프를 회전시키며 공작물 표면의 녹을 제거하거나 광택내기에 사용하는 방법이다.
치수정밀도와는 무관하며 광택내기가 주목적이다.

- 12. 쇼트 피닝** : 강구를 분사시켜 금속 표면의 강도와 경도를 증가시켜 주는 방법. 숫의 재질: 철드주철, 주강, 강철
주로 스프링재의 수명을 연장시키기 위해 피로강도, 탄성한도를 높인다.

단점 : 부적당한 쇼트 피닝은 연성을 감소시키므로 균열의 원인이 된다.

* 쇼트 피닝의 가공조건 : 분사면적, 분사각도, 분사속도

제 13장 NC공작기계

1. NC공작기계의 3가지 기본동작

- ① 위치정하기 ② 직선절삭 ③ 원호절삭

2. NC공작기계발전 4단계

- ① 제1단계 : NC(numerical control) 수치제어
- ② 제2단계 : CNC(computer numerical control) 컴퓨터 수치제어
- ③ 제3단계 : DNC(direct numerical control) 군관리 시스템
- ④ 제4단계 : FMS(flexible manufacturing system) 컴퓨터를 이용한 공장전체를 자동화한 시스템
(유연생산 시스템), 다품종 소량생산

3. 서보기구의 종류

- ① 개방회로방식(open loop system) : feed back無, 정밀도가 낮아 NC에서 사용치 않음.
- ② 폐쇄회로방식(closed loop system) : 위치 검출하여 feed back함, 높은 정밀도를 요구하는 공작 기계나 대형의 기계에 사용.
- ③ 반폐쇄회로방식(semi-closed loop system) : 위치 및 속도의 검출을 서보모터의 축이나 볼나사의 회전 각도로 검출, NC공작기계에서 가장 많이 사용.
- ④ 하이브리드 서보방식(hybrid servo system) : 반폐쇄+폐쇄 높은 정밀도가 요구되는곳 및 기계의 강성을 높이기 어려운 경우에 사용.

*리졸버(resolver) : NC공작기계의 움직임을 전기적인 신호로 표시(회전피드백 장치)

4. NC에 사용되는 Address의 구성

N__ G__ X__ Y__ Z__ F__ S__ T__ M__ ;
전개번호 준비기능 좌표어(X,Y,Z) 이송기능 주축기능 공구기능 보조기능 EOB

* 좌표어 : 절대좌표(X,Y,Z), 증분방식(U,V,W)

5. CNC 선반의 준비기능 Code

G00 : 위치결정(급속이송), 전원이 ON되면 기본값으로 정해짐.

G01 : 직선가공(절삭이송)

G02 : 원호가공(CW: 시계방향)

G03 : 원호가공(CCW: 반시계방향)

G04 : 일시정지(휴지:dwel)

G50 : 공작물 좌표계 설정(주축 최고회전수 설정)

G94 : 분당이송

G95 : 회전당 이송

G96 : 원주속도 일정제어(m/min)

G97 : 원주속도 일정제어취소(회전수 일정제어) rpm

G98 : 초기점 레벨 복귀

G99 : R점 레벨 복귀

* 보조기능 : M03: 주축속도 정회전, M04: 주축속도 역회전, M05: 주축정지

M08: 절삭유 주유, M09: 절삭유 공급정지

예제)① G96 S150 M03; 의 의미는? $v=150$ m/min

② G97 S150 M03; 의 의미는? $n=150$ rpm

③ G50 S2000; G96 S130에서 $d=60$ mm일때 주축회전수는? $n=690$ rpm