

연습문제 해답

- 본 연습문제 풀이의 저작권은 한빛아카데미(주)에 있습니다.
- 이 자료를 무단으로 전제하거나 배포할 경우 저작권법 136조에 의거하여 최고 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처할 수 있고 이를 병과(併科)할 수도 있습니다.

CHAPTER 01

1.1 복잡한 내부 공동(Hole)이나 곡면을 가진 부품을 한 번의 공정으로 제작할 수 있어 재료 낭비와 후가공 비용을 절감할 수 있기 때문이다.

1.2 (1) 기계적 강도 특성의 제한, (2) 기공(Porosity) 발생, (3) 일부 공정의 낮은 치수 정밀도 및 표면 거칠기, (4) 고온 금속 취급에 따른 안전사고 위험, (5) 환경 문제

1.3 용탕(녹은 금속)이 응고될 때 가스가 갇히거나, 액체에서 고체로 변할 때 발생하는 수축 현상 때문

1.4 개방형 주형은 상단이 대기에 노출된 용기 형태이며 상면이 평평해야 한다. 폐쇄형 주형은 공동(Cavity)이 완전히 둘러싸여 있으며, 외부에서 공동으로 연결되는 통로(탕구계, Gating system)를 통해 용탕을 주입한다.

1.5 탕구(Pouring cup), 스프루(Sprue), 러너(Runner), 게이트(Gate).

1.6 (1) 소모성 주형(Expendable molds), (2) 영구 주형(Permanent molds).

1.7 사형 주조(Sand casting).

1.8 주형 제작 비용이 저렴하고, 거의 모든 금속과 크기에 적용 가능하기 때문

1.9 금속이 냉각되면서 발생하는 '수축(Shrinkage)'을 보상하기 위함

1.10 (1) 용점까지 온도를 올리는 데 필요한 열, (2) 고체에서 액체로 바꾸는 데 필요한 융해열, (3) 주입 온도까지 온도를 더 올리는 데 필요한 열

1.11 주입 과정 중 조기 응고를 방지하고 용탕의 유동성을 확보하기 위함

1.12 (1) 금속 내 산화물 형성을 촉진하고, (2) 용탕의 충격으로 주형 벽면이 깎이는 주형 침식(Mold erosion)을 유발하기 때문이다.

1.13 흐르는 액체 내 임의의 두 지점에서 에너지(수두, 압력, 운동 에너지, 마찰)의 합은 일정하다는 정리

1.14 액체 내 모든 지점에서 부피 유량($Q = A \times v$)이 일정하게 유지된다는 법칙이다.

1.15 연속법칙에 의해 속도는 빨라진다.

1.16 금속을 고체상태에서 액체 상태로 변환하는 데 필요한 열에너지의 양이다.

1.17 순수 금속은 일정 온도(융점)에서 응고되지만, 대부분의 합금은 액상선(Liquidus)에서 시작하여 고상선(Solidus)에서 끝나는 온도 범위 내에서 응고된다.

1.18 수지상 구조(Dendritic structure)

1.19 온도가 액상선과 고상선 사이에 있을 때 나타나는 고체와 액체가 섞여 있는 상태의 영역이다.

1.20 합금의 응고 온도 범위(Freezing range)와 주형의 냉각 속도

1.21 슈보리노프 법칙(Chvorinov's rule)으로, 총 응고 시간을 계산하는 식이며, $T_{TS} = C_m \left(\frac{V}{A}\right)^n$ 로 나타낸다. (C_m = 주형 상수, V = 주물 부피, A = 표면적, $n \approx 2$).

1.22 응고 시간이 비례하여 길어진다.

1.23 (1) 주입 후 액체 상태에서의 수축, (2) 액체에서 고체로 변할 때의 응고 수축, (3) 고체 상태에서의 열수축.

1.24 라이저(Riser)

1.25 (1) 소모성 주형 공정(Expendable mold processes), (2) 영구 주형 공정(Permanent mold processes)

1.26 패턴은 실제 부품과 동일한 크기의 모델로, 최종 주물의 수축과 가공 여유를 고려하여 실제보다 크게 제작된 것이다.

1.27 분할 패턴은 두 개의 조각으로 구성된 패턴이며, 매치플레이트 패턴은 이 두 개의 분할 패턴을 플레이트(판)의 양면에 부착한 형태이다.

1.28 매치플레이트 패턴(작업 속도가 빠르고 기계화가 용이함)

1.29 채플릿은 사형 주형 내부에서 코어가 움직이지 않도록 고정해 주는 다양한 디자인의 금속 지지대이다. 채플릿의 재질은 주조하려는 금속과 동일하거나 유사한 재질

1.30 (1) 강도, (2) 투과성, (3) 열적 안정성 (4) 붕괴성, (5) 재사용성

1.31 주물의 고온 균열(Hot tearing).

1.32 주형이 열경화성 수지로 결합된 약 9mm 두께의 얇은 모래 껍질(Shell)로 이루어진 주조 공정

1.33 열경화성 수지(Thermosetting resin)

1.34 폴리스티렌 폼 패턴 주위에 모래를 채운 뒤 용융 금속을 부으면 폼 패턴이 기화하면서 금속으로 대체되는 방식이다.

1.35 로스트 왁스 공정(Lost-wax process)

1.36 아연, 주석, 알루미늄, 황동, 마그네슘 등이 있다.

1.37 용융 온도가 너무 높아 금형(Die)의 수명을 급격히 단축시키기 때문이다.

1.38 열가압실 기계가 더 빠르다. 냉가압실 기계는 매 사이클마다 외부에서 용탕을 국자로 퍼서 주입해야 하지만, 열가압실 기계는 용탕에 잠겨 있는 시스템에서 바로 주입하기 때문이다.

1.39 냉가압실 다이캐스팅(알루미늄이 가열된 펌프 시스템을 공격하기 때문).

1.40 진원심 주조는 튜브 형태의 주형을 사용하여 파이프 같은 중공 부품을 만든다. 반원심 주조는 철도 바퀴처럼 속이 찬 형상을 만들며, 원심력을 이용해 금속을 외곽으로 밀어내어 외곽 부분의 밀도를 높인다.

1.41 아니오., 원심력에 의해 금속이 벽면에 붙으므로 코어 없이 구멍이 형성된다.

1.42 (1) 트리밍(탕구, 라이저, 플래시 제거), (2) 코어 제거, (3) 표면 세척, (4) 검사, (5) 수리, (6) 열처리, (7) 기계 가공 등이다.

1.43 (1) 미충전(Misrun): 공동을 다 채우기 전 응고됨. (2) 콜드샷(Cold shut): 두 금속 흐름이 만났으나 완전히 융합되지 않음. (3) 수축 공동(Shrinkage cavity): 응고 수축으로 인한 표면 함몰이나 내부 빈 공간. (이외에도 기공, 고온 균열 등이 있음)

1.44 약 1,337 rev/min

1.45 54.83

1.46 (a) 482.4 rev/min, (b) 유지, (c) 성공적인 주조가 가능하다.

1.47 세 형상 모두 동일함(8.33 min)

CHAPTER 02

2.1 열가소성 수지는 열을 가하면 반복해서 녹고 응고될 수 있는 가역적 성질을 가지나, 열경화성 수지는 성형 과정에서 화학적 가교 결합이 일어나 재가열 시 녹지 않고 타거나 분해되는 비가역적 성질을 가진다.

2.2 고분자가 딱딱하고 깨지기 쉬운 유리 상태에서 부드러운 고무 상태로 변하는 온도이기 때문이다.

2.3 사출성형처럼 좁은 게이트나 얇은 벽을 빠른 속도로 충전해야 하는 공정에서 유동 저항을 줄여주는 역할을 한다.

2.4 스크류의 길이가 직경에 비해 길수록 수지가 배럴 안에 머무는 시간이 길어져 열전달이 고르게 이루어지며, 용융체의 혼합 품질과 압력 안정성이 향상된다.

2.5 금형 고정(Clamping) → 주입 및 보압(Injection & Packing) → 냉각 및 가소화와 계량(Cooling & Plasticizing) → 취출(Ejection)

2.6 압력을 가하지 않고 중력과 회전을 이용하므로 대형 제품을 만드는 금형을 비교적 저렴하게 제작할 수 있고, 제품의 모서리 두께가 비교적 균일하게 형성되기 때문이다.

2.7 유동 방향과 수직 방향의 성질(강도, 수축률 등)이 달라지는 현상이다. 이는 가공 중 긴 사슬 형태의 고분자 분자들이 흐름 방향으로 정렬(Orientation)된 채 굳어버리기 때문에 발생한다.

2.8 수지가 만나는 지점의 온도를 높이기 위해 금형 온도를 올리거나, 사출 속도를 높여 압력을 강하게 가하거나, 게이트 위치를 변경하여 융합 지점을 눈에 띄지 않는 곳으로 옮기는 것이다.

2.9 초기 금형 제작 비용은 매우 높지만, 자동화가 용이하고 사이클 시간이 짧아 제품당 가공비가 낮으며, 정밀도가 높아 별도의 후가공이 거의 필요 없기 때문이다.

2.10 예비 성형체인 '패리슨(Parison)'을 만드는 방식의 차이이다.

2.11 주석은 유리에 비해 밀도가 높아 유리를 표면에 띄울 수 있고, 유리와 서로 섞이지 않으며, 용융 상태에서 매우 평탄한 표면을 유지하여 유리의 두께를 균일하게 만들기 때문이다.

2.12 용융 유리가 기계 장치와 직접 접촉하지 않은 상태에서 공중에서 융합되어 굳기 때문에, 표면 결함이나 흠집이 거의 없는 극도로 깨끗한 상태의 유리를 얻을 수 있기 때문이다.

2.13 열처리를 통해 비정질 구조 내부에 매우 미세하고 균일한 결정상(Polycrystalline)을 형성하여, 균열의 성장을 억제하고 물리적 성질을 강화했기 때문이다.

2.14 1) 압연(Rolling), (2) 플로트(Float) 공법

2.15 (1) 인발(Drawing), (2) 원심 분사(Centrifugal spraying)

2.16 유리를 어닐링 온도 이상으로 가열한 후, 표면에 공기 분사(Air jets)를 가해 급냉한다. 표면이 먼저 굳고 내부가 서서히 식으며 수축할 때, 먼저 굳은 표면을 안쪽으로 잡아당기며 압축응력을 형성하여 강도를 높인다.

2.17 적층유리(Laminated glass)

2.18 유리 섬유는 가격이 저렴하고 부식에 강하지만, 탄소 섬유는 유리 섬유보다 훨씬 높은 비강도와 비강성을 가지며 열팽창 계수가 매우 낮다.

2.19 적층된 층 사이의 공기를 제거하고 과도한 수지를 짜내어 섬유 함유율을 높이기 위함이다.

2.20 종횡비는 섬유의 길이를 직경으로 나눈 값(L/d)을 의미한다. 일반적으로 종횡비가 클수록 섬유가 기재(Matrix)로부터 하중을 더 효과적으로 전달받아 강화 효과가 커진다.

2.21 서로 성질이 다른 섬유와 수지 사이의 접착력을 향상시키는 역할을 한다.

2.22 두 개의 얇고 강한 면재 사이에 가볍고 두꺼운 심재(Core)를 넣은 구조이다.

2.23 고무의 인장 강도, 내마모성, 인열 강도(Tear Strength)를 획기적으로 향상시키기 때문이다.

2.24 녹이고 재활용할 수 있다. 또한 가황 반응 대기 시간이 필요 없어 생산 속도가 매우 빠르다.

2.25 고무를 일정한 두께의 시트로 제작하거나, 직물 및 코드 위에 고무를 코팅할 때 사용된다.

2.26 최종 경화 전 층 사이의 공기를 미리 제거하고 층들을 압착하기 위해서이다. 이를 통해 완성된 부품의 두께를 균일하게 하고 보이드(Void)와 같은 내부 결함을 방지하여 품질을 높인다.

2.27 설비와 금형 비용이 저렴하고 공정이 단순하여 대형 제품이나 단순한 형상의 부품 제작에 유리하다.

CHAPTER 03

3.1 유동곡선은 $Y_f = K\epsilon^n$ 로 정의된다.

3.2 온도가 상승하면 유동 곡선 방정식의 K (강도계수)와 n (가공경화지수) 값이 모두 감소한다.

3.3 냉간 가공의 장점은 (1) 더 정밀한 정확도, (2) 더 나은 표면 마감, (3) 가공 경화로 인한 강도 증가, (4) 결정립 흐름에 따른 방향성 특성 부여 가능, (5) 가공물 가열이 불필요하다는 점이다.

3.4 등온 성형은 가공물의 표면 냉각과 온도 구배를 제거하기 위해 수행되는 방식이다. 이는 성형 도구를 미리 가열함으로써 이루어진다.

3.5 변형률 속도가 증가하면 변형에 대한 저항이 증가하는 경향이 있다. 이러한 경향은 특히 열간 성형 작업에서 두드러진다.

3.6 가공물의 온도가 상승하면 변형률속도 민감도 지수가 증가한다.

3.7 (1) 변형 중 금속 흐름을 방해하여 잔류 응력과 결함을 유발할 수 있다. (2) 필요한 힘과 동력을 증가시킨다. (3) 공구의 마모를 증가시킨다.

3.8 고착 마찰은 가공물의 표면이 공구 표면 위를 미끄러지지 않고 달라붙는 현상이다. 이는 마찰 응력이 금속의 전단 유동 응력보다 클 때 발생하며, 일반적으로 열간 가공과 관련이 있다.

3.9 변형이 진행됨에 따라 금속의 강도와 경도는 높아지고 연성은 낮아져, 추가적인 변형을 위해 더 큰 힘이 필요하게 만든다.

3.10 연성은 파단 없이 영구적인 모양 변화를 견딜 수 있는 능력을 나타내며, 성형 가능한 최대 변형량을 결정하기 때문이다.

3.11 두 개의 대향하는 다이(Die) 사이에서 압축력을 가하여 가공물을 성형하는 벌크 변형 공정이다.

3.12 금속의 재결정 온도 이상에서 수행되는 성형 공정으로, 큰 변형을 적은 힘으로 수행할 수 있게 해준다.

3.13 다이 사이의 틈으로 흘러나오는 과잉 금속이며, 좁은 통로를 형성하여 압력을 높임으로써 금속이 다이 공동(Cavity) 내부를 완전히 채우도록 돕는 역할을 한다.

3.14 롤러와 가공물 사이의 마찰 계수와 롤러의 반지름에 의해 결정된다.

3.15 바 드로잉은 직경이 큰 봉재를 대상으로 한 번에 조금씩 줄이는 공정인 반면, 와이어 드로잉은 직경이 작은 선재를 연속적인 다이를 통과시켜 크게 줄이는 공정이다.

3.16 굽힘 작업 후 하중을 제거했을 때, 가공물이 탄성 회복으로 인해 원래 구부렸던 각도보다 약간 펴지는 현상이다.

3.17 전단된 조각이 최종 부품이 되면 블랭킹이고, 전단된 조각이 쓰레기(스크랩)가 되고 남은 판재가 부품이 되면 펀칭이다.

3.18 공구와 가공물 사이의 마찰과 마모를 줄이고, 열 발생을 억제하며, 가공물의 표면 품질을 향상시키기 위함이다.

3.19 252.27 MPa, 201.82MPa

3.20 423.5Mpa, 347.1MPa

3.21 약 0.333

3.22 135 MPa

3.23 n 은 약 0.251이며, 강도계수 K 는 약 453.1 MPa

3.24

(a) 159.58MPa

(b) 318.58MPa

(c) 450.00MPa

3.25

(a) $m \approx 0.1549$, $C \approx 107.78 \text{ MPa} \cdot \text{s}$

(b)

- 강도계수 C 감소
- 민감도지수 m 증가

3.26 재료 손실이 거의 없는 순형상(Net shape) 또는 근사 순형상(Near net shape) 가공공정이 가능하여 재료 이용률이 매우 높기 때문이다.

3.27 압출(Extrusion)

3.28 두 개의 롤에 의해 가해지는 압축 응력(Compressive stress)

3.29 I-빔(I-beams), 철도 레일(Rails)

3.30 드래프트(Draft)

3.31 스틱킹(Sticking)

3.32 직경이 작은 롤(Smaller diameter rolls)을 사용한다.

3.33 2 단 압연기(Two-high rolling mill)

3.34 가역 압연(Reversing rolling)

3.35 롤 피어싱(Roll piercing) 또는 맨드릴 압연

3.36

- (a) 0.1095
- (b) 56.02 m/min
- (c) -0.4056

3.37

- (a) 7회
- (b) 4.286 mm

3.38

- (a) 2,431,200N
- (b) 48,624N-m
- (c) 121.6kW

3.39 충격과 점진적인 압력

3.40 자유 단조(Open die forging)

3.41 플래시 랜드(Flash land) 또는 거터(Gutter)

3.42 트리밍(Trimming)

3.43 단조 프레스(Forging press)

3.44 가공물의 급격한 냉각을 방지하여 성형성을 유지하고 균열을 막기 위함이다.

3.45

(a) 17.28mm

(b) 45,217N(또는 45.2kN)

3.46

(a) 39.28mm

(b) 168,242N

3.47 7,320,000N

3.48 압출 다이(Extrusion die)

3.49 직접 압출(Direct extrusion) 또는 전방 압출

3.50 압출(Extrusion)

3.51 빌릿과 컨테이너 벽면 사이의 상대적인 미끄럼(마찰)이 없기 때문이다.

3.52 중심부 파열(Centerburst) 또는 셰브론 균열(Chevron cracking)

3.53

- (a) 4.0.
- (b) 2.64
- (c) 약 687.46 MPa

3.54

- (a) 2.64
- (b) 1,660 MPa

3.55 약 1.015이다.

3.56

- (a) 약 1.144
- (b) 약 2,198.4 MPa

3.57 다단 인발(Continuous drawing)

3.58 간접 압축 응력(Indirect compressive stress)

3.59 가공물이 다이를 통과하며 성형되는 대신, 다이 출구 쪽에서 목 수축(Necking)이 발생하거나 파단된다.

3.60

- (a) 약 247.8 MPa
- (b) 3,114.8N

3.61

- (a) 0.19
- (b) 약 51.79 MPa
- (c) 약 2,742.8 W

CHAPTER 04

4.1 절단(Cutting)

4.2 펀치(Punch)

4.3 펀치 직경은 구멍 직경과 동일하게 하고, 다이 직경을 펀치보다 $2 \times C$ 만큼 크게 만든다.

4.4 다이 직경은 블랭크(제품) 직경과 동일하게 맞추며, 펀치 직경은 다이 직경보다 틈새의 2배만큼 작게 적용.

4.5

(a) 0.18mm

(b) 약 737.1kN

4.6

(a)

$$D_{out} = D_d = 30.0\text{mm}$$

$$D_p = 29.52\text{mm}$$

(b)

$$D_{in} = 15.0\text{mm}, D_p = 15\text{mm}$$

$$D_d = 15.48\text{mm}$$

4.7 엣지 굽힘(Edge bending)

4.8 중립축(Neutral axis)

4.9 굽힘 허용차는 굽힘 반경이 판재 두께에 비해 작을 때 발생하는 판재의 늘어남(Stretching)을 보정하기 위한 것이다.

4.10 오버벤딩(Overbending)

4.11

(a) 136.26mm (b) 10.17kN

4.12 블랭크 홀더(Blank holder)

4.13 약 2.0 (이를 한계 드로잉비, LDR이라고 함)

4.14 '이어링. 재료의 이방성(Anisotropy)에 의해 발생한다.

4.15 (1) 주름(Wrinkling), (2) 찢어짐(Tearing), (3) 이어링(Earing), (4) 표면 긁힘(Surface scratches)

4.16 직경당 두께 비 측면에서는 주름에 견딜 수 있는 두께를 가졌으나, 블랭크의 크기에 비해 과도하게 깊은 드로잉(컵 높이 80mm을 억지로 성형하려고 하면 벽면부에 과도한 인장 응력이 걸려 판재가 찢어지는 파단(Tearing) 현상이 발생

4.17

- (a) 2.0 (b) 0.5 (c) 514593N (d) 238300N

4.18 (1) 갭 프레임(Gap frame)과 (2) 직선형 프레임(Straight-sided frame)

4.19 갭 프레임 프레스(Gap frame press) 또는 C-프레임 프레스

4.20 유압식 프레스(Hydraulic press)

4.21 기계식 프레스는 사이클 속도가 더 빠르다. 유압식 프레스는 램의 행정(Stroke) 길이가 더 길고 행정 전반에 걸쳐 균일한 힘을 가할 수 있다.

4.22 엠보싱(Embossing)

4.23 고무(Rubber) 또는 탄성중합체(Elastomer)

4.24 스트레치 성형(Stretch forming)

4.25 롤 성형(Roll forming)

4.26 맨드릴(Mandrel)

CHAPTER 05

5.1 유동곡선은 $y_f = K\epsilon^n$ 로 정의된다.

5.2 절삭속도. 속도가 증가할수록 절삭 온도가 급격히 상승하여 공구의 경도를 떨어뜨리기 때문이다.

5.3 연속형 칩(Continuous chip)

5.4

(a) 19.6

(b) 3.16

5.5 주분력(Principal force 또는 Cutting force)

5.6 구성인선(Built-up edge, BUE)

5.7 전단 영역에서의 소성 변형열, 공구와 칩 사이의 마찰열, 공구와 가공면 사이의 마찰열.

5.8 절삭 시 전단변형으로 인해 실제 형성된 칩의 두께가 가공 전 절삭깊이(미변형 칩 두께)보다 항상 두껍기 때문이다.

5.9

- (a) 23.3
- (b) 2.468
- (c) 1200mm³/s

5.10

- (a) 922.6 N
- (b) 646.1 N

5.11

- (a) 1,600mm³/s
- (b) 4.14kW

5.12

- (a) 4.2(10³) mm³/s, 2,940 W
- (b) 6.0(10³) mm³/s, 3,503 W

5.13 공구의 측면과 공작물의 가공된 표면 사이의 마찰을 방지하기 위함

5.14 크레이터 마모(경사면 마모)

5.15 $vT^n = C$

5.16 플랭크 마모(Flank wear)

5.20 확산 마모(Diffusion wear)

5.18 공구의 유효 반경이 줄어들어 공작물의 지름이 커지는 등 치수 정밀도가 떨어진다.

5.19 보통 0.2에서 0.3 사이이다.(HSS는 약 0.1~0.15)

5.20 온도가 높아지면 공구 재료가 연화되어 내마모성이 급격히 감소한다.

5.21 4 동 단동 척(Four-jaw independent chuck), 비원통형 공작물에 사용되는 면판(face plate for non-cylindrical workparts)

5.22 카운터보링(Counterboring)

5.23 엔드밀(End mill)

5.24 외경 마이크로미터(Outside micrometer)

5.25 클라임 밀링(Climb milling)이라 하며, 일반적으로 상향밀링보다 표면 거칠기가 더 좋다.

5.26 단면 절삭(

5.27 손잡이 부분 등에 다이아몬드나 직선 무늬를 만들어 미끄럼을 방지하기 위함

5.28

(a) 약 79.17초

(b) 2,000 mm³/s

5.29 카운터싱킹(Countersinking)

5.30 자동 공구교환장치(ATC, Automatic Tool Changer)

5.31 브로칭(Broaching)

5.32 센터리스 연삭(Centerless grinding)

5.33 분할대(Dividing head 또는 Indexing head)

5.34 리드 스크루(Lead screw)

5.35 드릴 지그(Drill jig) 또는 부싱(Bushing)

5.36 칩 배출 통로 역할과 절삭유 공급 통로 역할이다.

5.37 대형 공작물의 평면 가공에 사용된다.

5.38 Z 축

5.39 절삭유(Cutting fluid)

5.40 맨드릴(Mandrel)

5.41 바 피더(Bar feeder)

5.42

(a) 8.33 min

(b) 시작 시 절삭속도: 약 113.1 m/min, 종료 시 절삭속도: 약 56.5 m/min

5.43 0.504min

5.44 2.40min

5.45 27.49s

5.46 탄화텅스텐(WC) 입자들을 결합하는 결합제(Binder) 역할을 하며 인성을 부여한다.

5.47 담금질된 강철이나 내열 합금 등 매우 딱딱한(경화된) 철계 금속 가공에 사용된다.

5.48 이론적으로 표면 거칠기 값이 작아져 표면이 더 매끄러워진다.

5.49 연속형 칩을 짧게 끊어 작업자의 안전을 도모하고 칩 제거를 원활하게 하기 위함이다.

5.50 물의 우수한 냉각 성능과 기름의 윤활 성능을 동시에 얻기 위해서이다.

5.51 온도가 높아지면 공구 재료가 연화되어 내마모성이 급격히 감소한다.

5.52 각 코팅층(TiN, Al_2O_3 등)의 서로 다른 특성(윤활성, 내열성)을 결합하여 성능을 극대화하기 위해서이다.

5.53 치핑(Chipping)

5.54 서멧(Cermet)

5.55 MQL(Minimum Quantity Lubrication, 최소량 윤활) 또는 안개식(Mist)

5.56 S 형(정사각형)이 C 형(80 도 마름모꼴)보다 인선각이 커서 강도가 더 강하다.

5.57 고온 경도(Hot hardness) 및 화학적 안정성

5.58 더 높은 경도와 인성을 동시에 가질 수 있어 극심한 절삭 조건에서도 잘 견딘다.

5.59 공구-칩 열전대(Tool-chip thermocouple)법

CHAPTER 06

6.1 연마 가공에 사용되는 입자(Grit)의 경도가 매우 높아 열처리로 인해 단단해진 재료도 효과적으로 깎아낼 수 있기 때문.

6.2 최종 다듬질 공정에서 높은 정밀도를 제공하여 불량률을 줄이고 제품의 부가가치를 높일 수 있다는 점.

6.3 (a) 2.83mm, (b) 2,400 mm³/min

6.4 (a) 0.25grits/mm², (b) 75,000chips/s

6.5 (a) 160mm³/min, (b) 251,327chips/min

6.6 (1) 입자 재료, (2) 입도(입자 크기), (3) 결합재, (4) 구조(입자 간격), (5) 등급

6.7 구조는 입자 사이의 상대적 간격을 의미하며, 등급은 결합재가 입자를 유지하는 강도를 의미함.

6.8 슷돌 내부의 입자 사이 간격이 좁고 기공이 적어 정밀한 다듬질에 유리함을 의미함.

6.9 단단한 재료를 연삭할 때, 무더진 입자가 빨리 탈락하고 새 입자가 나타나는 '자생 작용'이 필요할 때 유리함.

6.10 (1) 치수 효과, (2) 입자의 매우 큰 음(-)의 경사각, (3) 모든 입자가 절삭에 참여하지 않고 일부는 마찰(Rubbing)이나 소성 변형(Plowing)만 일으킴.

6.11 표면 타버림(Burn), 균열(Crack), 열처리된 가공물의 경도 저하(연화)를 초래함.

6.12 적절한 연삭액을 사용하거나, 슷돌 속도와 이송 속도를 최적화하여 입자당 절삭량을 조절

6.13

(a) $80\text{J}/\text{mm}^3$, (b) $0.006\text{mm}^3/\text{chip}$

6.14 (1) 입자 파쇄, (2) 마찰 마모(무더짐), (3) 결합재 탈락.

6.15 드레싱은 무더진 입자를 제거하고 새 입자를 노출시키는 것이며, 트루잉은 슷돌의 원통 형상을 정확하게 교정하는 작업임.

6.16 눈메움>Loading) 현상이라고 하며, 드레싱(Dressing)을 통해 해결함.

6.17 그렇다

6.18 15.9

6.19 299.98mm

6.20 공작물을 센터에 고정하지 않고 고속의 연삭 슷돌과 저속의 조정 슷돌 사이에서 가공하는 방식.

6.21 크리프피드는 절입 깊이가 매우 깊고(수천 배), 이송 속도는 매우 낮음.

6.22 호닝, 래핑, 슈퍼피니싱, 버핑, 폴리싱.

6.23 공작물의 회전 속도를 제어하고, 경사각을 통해 공작물의 이송 속도를 조절하는 역할을 함.

6.24 래핑은 주로 평면이나 곡면의 정밀 다듬질에 쓰이며, 호닝은 주로 실린더 내경과 같은 구멍 내부의 정밀 다듬질에 쓰임.

6.25 약 57.5 개/분

6.26 약 60.9 rpm

6.27 약 1.95°

6.28 약 219 rpm

CHAPTER 07

7.1 (1) 기존 공정으로 가공하기 어려운 새로운 금속 합금 및 비금속의 형상화 필요성, (2) 특이하고 복잡한 부품 기하학적 형상의 요구, (3) 기존 가공에서 흔히 발생하는 표면 손상 방지 필요성.

7.2 기존 절삭 도구가 진입하기 어려운 매우 복잡한 내부 형상이나 미세한 구멍, 얇은 벽 구조 등을 정밀하게 가공할 수 있다.

7.3 이 재료들은 경도가 매우 높아 일반적인 바이트나 밀링 커터로는 공구 마모가 심하거나 가공이 불가능하기 때문이다.

7.4 (1) 기계적(전통적 가공 제외), (2) 전기적, (3) 열적, (4) 화학적.

7.5 두 공정 모두 높은 열을 이용하므로 '열적(Thermal)' 범주에 속한다.

7.6 전기 화학적 반응을 이용하므로 '전기적(Electrical)' 범주에 속한다.

7.7 (a) 14.4V, (b) 0.1975mm

7.8

(a) 666.4A

(b) 21.2s

7.9 물이나 기름에 혼합된 연삭 입자를 가공 부위에 전달하고, 제거된 파편을 씻어내는 매개체 역할을 한다.

7.10 아니다. 기계적인 타격 방식을 사용하므로 유리, 세라믹 등 전도성이 없는 취성 재료 가공에 매우 효과적이다.

7.11 열 발생이 없어 재료의 변질이 없고, 절단 폭이 매우 좁아 재료 낭비가 적기 때문이다.

7.12 순수한 물만으로는 경도가 높은 재료를 깎아내기 부족하므로, 연삭 입자의 마찰력을 더해 절삭 효율을 높이기 위함이다.

7.13 주로 얇은 재료의 디버링(모서리 다듬질), 세척, 또는 취성 재료의 미세 가공에 사용된다.

7.14 전류 밀도가 높을수록 재료 제거 속도가 빨라진다.

7.15 재료 제거의 약 90% 이상은 전기 화학적 용해로 이루어지며, 휠은 절연 산화 피막을 긁어 내어 전기 반응이 계속되도록 돕는다.

7.16 가공물에서 녹아 나온 금속 이온이 포함된 화학 폐기물이기 때문에 엄격한 정화 및 폐기 공정이 필요하기 때문이다.

7.17 이론적으로 ECM에서 전극은 소모되지 않으므로, 방전 가공(EDM)에 비해 공구 수명이 매우 길다.

7.18 낮은 전류와 높은 방전 주파수를 사용하여 작은 스파크를 빈번하게 발생시켜야 한다.

7.19 공구 크기보다 항상 더 크게 가공되므로, 최종 목표 치수를 맞추기 위해 오버컷만큼 공구를 작게 제작해야 하기 때문이다.

7.20

(a) $4,327.2\text{mm}^3/\text{h}$

(b) $2,163.6\text{mm}^3/\text{h}$ 로 감소

7.21

(a) $45.14\text{mm}/\text{min}$

(b) 22.35A

7.22 9.34 A

7.23 주로 방전 전압과 전류량에 의해 결정되며, 에너지가 클수록 오버컷도 커진다.

7.24 고열로 인해 절단부 주변 조직이 변하거나 경화되는 열영향부(HAZ)의 형성을 의미한다.

7.25 레이저보다 훨씬 두꺼운 금속판을 빠른 속도로 절단할 수 있어 생산성이 높다.

7.26 아니다.

7.27 이 재료들은 산화물의 용점이 금속 자체보다 높아 산소와의 화학적 연소 반응이 원활하지 않기 때문이다.

7.28 (1) 세척, (2) 마스크, (3) 식각(에칭), (4) 마스크 제거 단계.

7.29 표면에 이물질이나 기름이 있으면 마스크가 제대로 밀착되지 않거나 식각이 불균일하게 일어나기 때문이다.

7.30 가공물을 식각액에 담가두는 시간(침지 시간)으로 조절한다.

7.31 (1) 컷 앤 필(Cut and Peel), (2) 스크린 레지스트(Screen Resist), (3) 사진 식각 레지스트(Photographic Resist).

7.32 컷 앤 필 방식

7.33 정밀도가 매우 높은 '사진 식각 레지스트(포토리소그래피)' 방식이다.

7.34 포토레지스트는 빛에 반응하는 마스크 재료이다. 빛에 노출되면 화학적으로 변하며, 노출된 (또는 노출되지 않은) 부분을 제거하여 원하는 표면이 식각액에 노출되도록 한다.

7.35 설계된 패턴이 그려진 투명 필름이나 유리판인 '포토마스크(Photomask)'이다.

7.36 양성은 빛을 받은 부분이 현상액에 녹고, 음성은 빛을 받은 부분이 단단해져 남게 된다.

7.37

(a) $562.5\text{m}^3/\text{m}$

(b) $145\text{mm} \times 245\text{ mm}$

CHAPTER 08

8.1 접합면이란 용접 이음부에서 서로 접촉하는 표면을 의미한다.

8.2 기름, 산화물 등 이물질이 있으면 용접 결함의 원인이 되기 때문이다.

8.3 용융 용접

8.4 금속 표면의 용융과 응고

8.5 (1) 아크 용접, (2) 저항 용접, (3) 산소 연료 용접

8.6 저항 용접(Resistance welding)

8.7 아크 용접(Arc welding)

8.8 제살 용접(Autogenous weld)이다.

8.9 제살 용접이다.

8.10 용융 용접은 금속이 녹는 과정이 포함되지만, 고상 용접에서는 금속이 녹지 않는다.

8.11 압력과 열(녹는점 미만)

8.12 고상 용접

8.13 (1) 확산 용접, (2) 마찰 용접, (3) 초음파 용접

8.14 마찰 용접

8.15 확산 용접

8.16 용접 위치 조정기

8.17 용접 고정구(Fixture)

8.18 고온으로 인한 화상, 가스 연료에 의한 화재 위험, 고전압에 의한 감전 사고, 강한 자외선에 의한 시력 손상, 그리고 스파크, 연기, 흠(Fume) 등 건강에 해로운 요소가 많기 때문이다.

8.19 자동 용접은 제어기가 아크의 이동과 부품의 위치를 조절하지만, 기계 용접은 작업자가 용접 헤드나 작업물의 상대적인 움직임을 지속적으로 제어해야 한다.

8.20 (1) 맞대기, (2) 모서리, (3) 겹침, (4) T형, (5) 끝적기 이음이다.

8.21 필렛 용접은 모서리, 겹침, T형 이음부의 모서리 공간을 메우기 위해 사용되는 대략 삼각형 단면의 용접이다.

8.22 홈 용접은 겹침 이음을 제외한 맞대기 이음 등에서 부재 사이의 공간을 채우기 위해 수행하는 용접이다.

8.23 홈 용접

8.24 두 부품을 접합하는 것이 아니라, 단순히 부품 표면에 용가재를 추가하여 두께를 높이거나 성질을 개선하기 때문이다.

8.25 표면 용접

8.26 표면 용접

8.27 열이 좁은 영역에 집중되어 효율이 높고, 주변부의 야금학적 손상(변형 등)을 최소화할 수 있기 때문이다.

8.28 열이 국부적으로 집중되어 열영향부(HAZ)가 좁기 때문이다.

8.29 모재의 과도한 가열로 인한 변형 및 조직 변화이다.

8.30 단위 용해 에너지는 금속 1 mm^3 를 녹이는 데 필요한 열량이다. 이는 금속의 비열, 녹는점, 용해 잠열에 의해 결정된다.

8.31 증가한다.

8.32 열전달 계수는 발생한 총 열량 대비 실제 작업 표면에 전달된 열량의 비율이다.
용융 계수는 전달된 열량 중 실제 금속을 녹이는 데 사용된 열량의 비율이다.

8.33 열전달 계수(f_1)이다.

8.34 용융 계수(f_2)이다.

8.35 열영향부는 용융 구역을 둘러싼 모재 영역으로, 금속이 녹지는 않았지만 용접 열에 의해 고상 상태에서 미세조직의 변화가 일어난 부위이다.

8.36 열영향부

8.37 열영향부

8.38 3.19mm

8.39

(a) 56.6W/mm^2

(b) 18.86 W/mm^2

8.40 2.84J/mm^3

8.41 47,619 J

8.42 (1) 아크 용접, (2) 저항 용접, (3) 산소 연료 용접, (4) 기타 용접.

8.43 전자빔 용접(EBW)과 레이저빔 용접(LBW)

8.44 테르밋 용접(Thermit welding)

8.45 용융 용접은 접합면에서 금속의 용융(녹음)이 일어나지만, 고상 용접에서는 용융이 일어나지 않는다.

8.46 고상 용접(Solid-state welding)

8.47 전기 아크는 회로 내의 간극을 가로지르는 방전 현상이다. 이 아크는 전류가 흐르는 열이온화된 가스 기둥(플라즈마)에 의해 유지된다.

8.48 아크(Arc) 또는 플라즈마 상태

8.49 미세한 간극(Gap)과 충분한 전압 차이

8.50 아크 가동 시간(Arc-on time) 또는 듀티 사이클(Duty cycle)

8.51 수동 용접에 비해 중단 시간이 적어 아크 가동 시간 비율이 높기 때문이다.

8.52 텅스텐(Tungsten)

8.53 용가재(Filler metal)

8.54 (1) 아르곤, 헬륨과 같은 차폐 가스를 사용하는 방법, (2) 용접부를 덮어 용융 풀을 대기로부터 보호하는 플럭스(Flux)를 사용하는 방법

8.55 산화물 형성, 기공 발생 등 용접 품질의 저하이다.

8.56 차폐 가스(Shielding gas)

8.57 소모성 전극 공정에서는 전극에서 녹은 금속이 아크를 가로질러 전달되면서 용융 풀의 가열에 직접적으로 기여하기 때문이다.

8.58 용가재를 녹이기 위한 열이 아크 열원으로부터 별도로 소모되기 때문이다.

8.59 전극의 저항열과 용융 금속의 잠열이 그대로 접합부에 전달되기 때문이다.

8.60 SMAW는 플럭스와 차폐 기능을 제공하는 화학 물질이 코팅된 용가재 막대(용접봉)를 소모성 전극으로 사용하는 아크 용접 공정이다.

8.61 피복 아크 용접(SMAW)

8.62 가스(Gas)와 슬래그(Slag)

8.63 높은 에너지 밀도로 인해 용입 깊이가 깊고 용접 속도가 빠르다는 점이다.

8.64 15.82mm/s

8.65

(a) 828.75W

(b) 285.78mm³/s

8.66 금속 내부에 흐르는 전류와 금속 자체의 전기 저항에 의한 줄 열(I^2Rt)이다.

8.67 용가재가 필요 없고 작업 속도가 매우 빠르며 자동화가 용이하기 때문이다.

8.68 0.927 (92.7%)

8.69 아세틸렌과 산소가 혼합되어 연소할 때 다른 산소 연료들보다 훨씬 더 높은 온도의 불꽃을 발생시키기 때문이다.

8.70 환원 불꽃(Reducing flame)

8.71 프로판, 수소, 천연가스 등

8.72 고진공(High vacuum) 상태

8.73 레이저빔 용접

8.74 레이저빔 용접

8.75 6,877.2 W/mm²

8.76 (1) 연속 구동형 마찰 용접, (2) 관성 마찰 용접.

8.77 플라이휠(Flywheel)

8.78 접합할 부품 중 하나에 부착되어 표면의 응집을 유도하는 진동 운동을 전달하는 액추에이터이다.

8.79 트랜스듀서(Transducer) 또는 진동자

8.80 접합면과 평행한 방향(전단 진동)

8.81 (1) 고정구 사용, (2) 히트 싱크 사용, (3) 가용접(Tack welding), (4) 적절한 용접 조건 선택, (5) 모재 예열, (6) 응력 제거 열처리, (7) 적절한 구조 설계.

8.82 응력 제거 풀림(Stress relief annealing)

8.83 (1) 균열(Cracks), (2) 공동(Cavities, 기공), (3) 고체 개재물(Inclusions), (4) 불완전 용합, (5) 불완전한 형상 및 윤곽.

8.84 기공(Porosity) 또는 블로홀(Blow hole)

8.85 용입 부족(Incomplete penetration)

8.86 (1) 육안 검사(치수, 외관 결함), (2) 비파괴 검사(침투 탐상, 자분 탐상, 초음파, 방사선), (3) 파괴 시험(인장, 굽힘 시험 등).

8.87 방사선 투과 시험(Radiographic test, RT)

8.88 침투 탐상 시험(Liquid penetrant test, PT)

8.89 (1) 용접 공정의 종류, (2) 모재의 성질(녹는점, 열전도율, 열팽창계수 등), (3) 용가재의 화학적 조성, (4) 표면 상태(청결도, 산화막 유무 등)

8.90 두 금속의 녹는점, 열팽창계수 차이 및 취성 화합물 형성 가능성 때문이다.

8.91 열이 빠르게 확산되어 국부적인 용융 온도를 유지하기 어려움

CHAPTER 09

9.1 금속의 기계적 성질을 유리하게 변화시키기 위해 내부 미세조직의 변화(야금학적 변화)를 유도하기 위함이다.

9.2 (1) 재료의 특성 제어, (2) 취성 감소 및 인성 향상, (3) 냉간 가공된 금속의 재결정화, (4) 이전 가공 공정에서 발생한 잔류 응력 제거.

9.3 강을 오스테나이트 영역까지 가열한 후 급랭(Quenching)하여 마르텐사이트(Martensite)를 형성하는 공정이다.

9.4 탄소가 포함된 강을 열처리하면 매우 단단하고 취성이 강한 비평형 상인 마르텐사이트가 형성된다. 마르텐사이트의 극도로 높은 경도는 체심정방(BCT) 구조 내에 탄소 원자가 갇히면서 발생하는 격자 변형(Lattice strain) 때문이며, 이는 전위의 슬립(Slip)에 대한 강력한 장벽 역할을 한다.

9.5 (1) 염수(Brine, 주로 교반된 소금물), (2) 수돗물(교반하지 않음), (3) 정지유(Still oil), (4) 공기.

9.6 뜨임은 마르텐사이트 조직의 취성을 줄이고 연성과 인성을 높이며, 내부 잔류 응력을 완화하는 역할을 한다.

9.7 경화능은 마르텐사이트 변태를 통해 경화될 수 있는 강의 상대적인 능력을 의미한다.

9.8 매우 미세한 입자(석출물)를 형성시켜 전위의 이동을 방해함으로써 금속을 강화하고 경화시키는 열처리 공정이다.

9.9 (1) 용체화 처리(Solution treatment), (2) 담금질(Quenching), (3) 석출 처리(Precipitation treatment)

9.10 자연 시효는 상온에서 수행되는 반면, 인공 시효는 고온에서 가열하여 수행된다.

9.11 마레이징강(Maraging steel).

9.12 저탄소강 표면에 탄소를 확산시켜 표면을 고탄소강으로 변환함으로써, 담금질 시 표면 경화 잠재력을 높이는 방식이다.

9.13 (1) 후속 산업 공정을 위한 표면 준비, (2) 위생 조건 개선, (3) 표면과 화학 반응을 일으킬 수 있는 오염물질 제거, (4) 제품의 외관 및 성능 향상을 위해 세척이 필요.

9.14 후속 도장이나 도금의 밀착력을 저하시키고, 금속 표면의 부식을 유발할 수 있다.

9.15 위생 조건 개선 및 박테리아 번식 방지.

9.16 디버링(모서리 버 제거), 매끄러움 개선, 광택 추가, 표면 특성 향상.

9.17 디버링(Deburring).

9.18 연마(Polishing) 또는 래핑(Lapping).

9.19 (1) 오일 및 그리스, (2) 금속 칩, 연마 입자, 공장 먼지 등 고체 입자, (3) 광택 및 연마 화합물, (4) 산화막, 녹, 스케일.

9.20 열처리 과정에서 금속 표면에 형성되는 두꺼운 산화물 층을 무엇이라 하나?
답: 스케일(Scale).

9.21 오일 및 그리스 범주에 해당.

9.22 (1) 알칼리 세척, (2) 유화 세척(Emulsion cleaning), (3) 용제 세척, (4) 산 세척 및 피클링(Pickling), (5) 초음파 세척.

9.23 피클링(Pickling, 산세척).

9.24 초음파 세척(Ultrasonic cleaning).

9.25 금속 표면을 냉간 가공하여 금속의 피로 강도(Fatigue strength)를 향상시키는 것이다.

9.26 압축 잔류 응력(Compressive residual stress)이 형성된다.

9.27 반복적인 하중을 받아 피로 파괴가 우려되는 부품(예: 스프링, 기어)에 사용된다.

9.28 많은 양의 부품을 연마재와 함께 배럴(통)에 넣고 혼합 및 회전시켜 기계적으로 세척하고 디버링하는 공정.

9.29 배럴 연마(Tumbling)와 진동 연마(Vibratory finishing).

9.30 미디어(Media) 또는 연마재.

9.31 확산은 접촉하는 두 재료 사이의 경계를 가로질러 원자나 분자가 이동하는 현상이며, 이온 주입은 고속 이온을 기판 재료 내부로 강제로 침투시키는 공정.

9.32 확산보다 훨씬 낮은 온도에서 공정이 가능.

9.33 이온 주입(Ion implantation).

9.34 (1) 부식 방지, (2) 외관 향상, (3) 특정 색상 부여, (4) 전기 전도성 증가, (5) 전기 저항 증가, (6) 후속 공정 준비, (7) 마모된 표면 재건 등을 위해 코팅.

9.35 공기 및 수분으로부터 금속의 부식을 방지하기 위함.

9.36 전기 전도성을 높이고 접촉 저항을 줄이기 위함이다.

9.37 강철(Steel)

9.38 크롬(Chrome) 또는 니켈(Nickel).

9.39 주석 도금 강판(Tinplate).

9.40 무전해 도금은 도금 층을 형성하기 위해 화학 반응만을 이용하며, 전기도금은 전기 분해를 이용한다.

9.41 무전해 도금.

9.42 전류 밀도와 상관없이 코팅 두께가 매우 균일하게 형성된다.

9.43 코팅층에 미세한 구멍(Pore)이 있어 염료를 이용한 다양한 색상 착색이 가능하다.

9.44 진공 챔버 내에서 재료를 기상(증기 상태)으로 전환한 뒤, 이를 기판 표면에 응축시켜 매우 얇은 막을 형성하는 일련의 공정.

9.45 (1) 증발(또는 스퍼터링), (2) 수송, (3) 응축(증착).

9.46 진공 증착(Vacuum evaporation).

9.47 PVD는 코팅 재료를 가열하여 기화시킨 후 응축시켜 박막을 형성하는 방식이고, CVD는 가열된 기판 위에서 증기나 가스의 화학 반응 또는 분해를 통해 코팅을 형성하는 방식이다.

9.48 화학적 기상 증착(CVD).

9.49 화학적 기상 증착(CVD).

9.50 질화티타늄(TiN), 탄화티타늄(TiC), 산화알루미늄(Al_2O_3) 등이 있으며, 질화티타늄(TiN)이 가장 흔하다.

9.51 질화티타늄(TiN).

9.52 경도를 높여 마모를 줄이고 내열성을 향상시키기 위함.

9.53 (1) 내화물을 용융점 이하 온도에서 증착 가능, (2) 결정립 크기 제어 용이, (3) 대기압에서 공정 수행 가능, (4) 기판 표면과의 우수한 결합력 등.

9.54 가스 반응을 이용하므로 PVD보다 투척력(Throwing power)이 좋아 복잡한 형상 코팅에 유리하다.

9.55 CVD 공정에서 증착되는 막의 품질에 영향을 주는 주요 공정 변수는 무엇인가?

답: 기판의 온도, 가스의 유량, 가스의 화학적 조성 등.

9.56 0.0361mm

9.57 0.00615mm

9.58 46.46g

CHAPTER 10

10.1 쾌속 조형은 제품의 CAD(컴퓨터 지원 설계) 모델을 바탕으로 가능한 최소의 리드 타임 내에 엔지니어링 시제품을 제작하는 제조 공정을 말한다.

10.2 설계 오류를 조기에 발견하고 제품 개발 주기를 단축하기 위함이다.

10.3 재료를 깎아내는 것이 아니라 층층이 쌓아 올리는 적층 방식을 주로 사용한다는 점이다.

10.4 쾌속 조형과 적층 제조에 사용되는 기술 자체에는 차이가 없다.

10.5 단순한 시제품(Prototype) 제작을 넘어 실제 최종 소비자가 사용하는 완제품 생산까지 포함하기 때문이다.

10.6 적층 제조(Additive Manufacturing)

10.7

- 기하학적 모델링
- 기하학적 모델의 테셀레이션
- 모델 슬라이싱

10.8 STL(Stereolithography) 파일 형식

10.9 층 두께가 얇을수록 표면 정밀도는 높아지지만 제작 시간은 길어진다.

10.10 (1) 액체 기반, (2) 분말 기반, (3) 용융 재료, (4) 고체 시트.

10.11 액체 기반(Liquid-based) 재료에 속한다.

10.12 분말 기반(Powder-based) 재료에 해당한다.

10.13 주요 공정은 (1) 레이저, (2) 잉크젯 기술을 사용하는 프린팅 헤드, (3) 압출 헤드를 기반으로 한다.

10.14 압출 헤드(Extruder head)이다.

10.15 레이저 또는 자외선(UV) 시스템이다.

10.16

- 이동 점 또는 이동 스폿 모드
- 이동 선 모드,
- 레이어 모드

10.17 레이어 전체를 한 번에 투사하는 레이어 모드(Layer mode)에 해당한다.

10.18 이동 점(Moving point) 모드이다.

10.19 스테레오리소그래피(SL)는 유도된 레이저 빔을 사용하여 광감수성 액체 폴리머를 응고시켜 고체 플라스틱 부품을 제조하는 공정이다.

10.20 Vat(수조).

10.21 광중합(Photopolymerization) 반응.

10.22 약 2.18시간이다.

10.23 선택적 레이저 소결(SLS)은 이동하는 레이저 빔을 사용하여 CAD 기하학적 모델에 해당하는 영역의 분말을 한 층씩 융합하여 고체 부품을 만든다. 각 층이 완성되면 새로운 느슨한 분말 층을 표면에 뿌리고 역회전 롤러를 사용하여 수평을 맞춘다.

10.24 제작 중인 부품을 지지하는 지지대 역할.

10.25 역회전 롤러(Counter-rotating roller) 또는 리코터(Recoater).

10.26 3차원 프린팅은 잉크젯 프린터를 사용하여 연속적인 분말 층 위에 접착 결합재를 분사하여 부품을 구축한다.

10.27 침투(Infiltration) 또는 소성 과정이다.

10.28 열(레이저)을 이용해 분말을 녹이는 대신 액체 결합재(접착제)를 사용하여 입자를 붙인다는 점이다.

10.29 적층 물체 제조는 슬라이싱된 CAD 모델의 단면 형상에 맞춰 절단된 시트 재료를 쌓아서 고체 물리 모델을 생산한다.

10.30 제작 완료 후 부품을 주변의 폐기물 재료로부터 쉽게 분리하기 위함이다.

10.31 열에 의해 활성화되는 접착 코팅과 가열 롤러를 사용한다.

10.32 14.25원