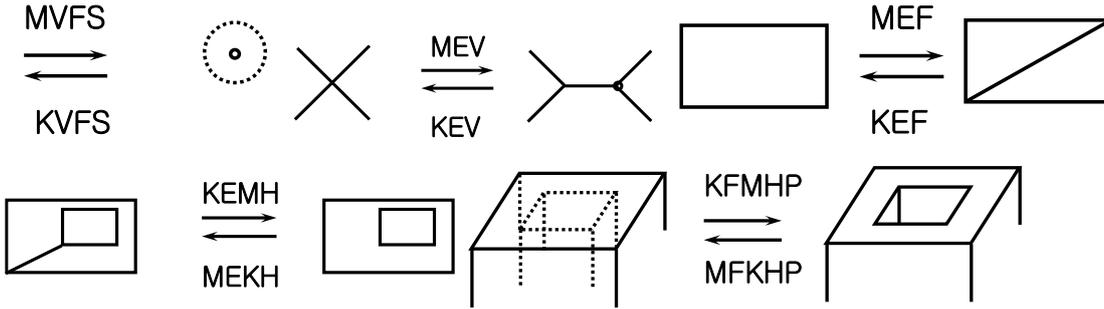


1. (10 점) $v - e + f - h = 2(s - p)$ (5 개까지 그림과 오일러 식 각각 1 점, 새로운 기능자 추가 가능)

operation		v	e	f	h	s	p	Valid?
MEV/KEV	Make Edge Vertex	1	1	0	0	0	0	OK
MEF/KEF	Make Edge Face	0	1	1	0	0	0	OK
MVFS/KVFS	Make Vertex Face Shell	1	0	1	0	1	0	OK
KEMH/MEKH	Kill Edge Make Hole	0	-1	0	1	0	0	OK
KFMHP/MFKHP	Make Face Kill Hole Passage	0	0	1	-1	0	-1	OK



2. (10 점)

$$\mathbf{P}(u) = \sum_{i=0}^n \mathbf{P}_i N_{i,k}(u), \quad 0 \leq u \leq n - k + 2$$

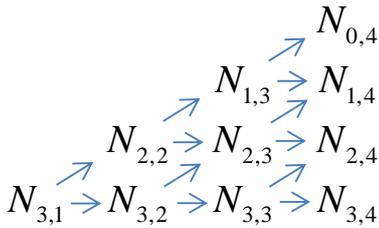
$$n = 3, k = 4 \rightarrow t_0 = 0, t_1 = 0, t_2 = 0, t_3 = 0, t_4 = 1, t_5 = 1, t_6 = 1, t_7 = 1$$

$$N_{3,1} = \begin{cases} 1 & t_3 \leq u < t_4 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} N_{2,2} = \frac{(u-t_2)N_{2,1}}{t_3-t_2} + \frac{(t_4-u)N_{3,1}}{t_4-t_3} = \frac{uN_{2,1}}{0} + \frac{(1-u)N_{3,1}}{1} = 1-u \\ N_{3,2} = \frac{(u-t_3)N_{3,1}}{t_4-t_3} + \frac{(t_5-u)N_{4,1}}{t_5-t_4} = \frac{uN_{3,1}}{1} + \frac{(1-u)N_{4,1}}{0} = u \end{cases}$$

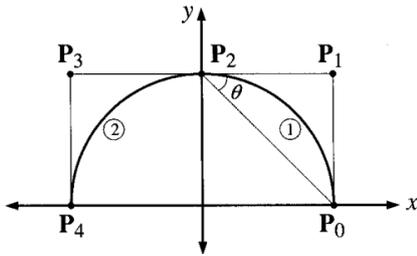
$$\rightarrow \begin{cases} N_{1,3} = \frac{(u-t_1)N_{1,2}}{t_3-t_1} + \frac{(t_4-u)N_{2,2}}{t_4-t_2} = \frac{uN_{1,2}}{0} + \frac{(1-u)N_{2,2}}{1} = (1-u)^2 \\ N_{2,3} = \frac{(u-t_2)N_{2,2}}{t_4-t_2} + \frac{(t_5-u)N_{3,2}}{t_5-t_3} = \frac{uN_{2,2}}{1} + \frac{(1-u)N_{3,2}}{1} = u(1-u) + (1-u)u = 2u(1-u) \\ N_{3,3} = \frac{(u-t_3)N_{3,2}}{t_5-t_3} + \frac{(t_6-u)N_{4,2}}{t_6-t_4} = \frac{uN_{3,2}}{1} + \frac{(1-u)N_{4,2}}{0} = u^2 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} N_{0,4} = \frac{(u-t_0)N_{0,3}}{t_3-t_0} + \frac{(t_4-u)N_{1,3}}{t_4-t_1} = \frac{uN_{0,3}}{0} + \frac{(1-u)N_{1,3}}{1} = (1-u)^3 \\ N_{1,4} = \frac{(u-t_1)N_{1,3}}{t_4-t_1} + \frac{(t_4-u)N_{2,3}}{t_5-t_2} = \frac{uN_{1,3}}{1} + \frac{(1-u)N_{2,3}}{1} = u(1-u)^2 + 2u(1-u)^2 = 3u(1-u)^2 \\ N_{2,4} = \frac{(u-t_2)N_{2,3}}{t_5-t_2} + \frac{(t_5-u)N_{3,3}}{t_6-t_3} = \frac{uN_{2,3}}{1} + \frac{(1-u)N_{3,3}}{1} = 2u^2(1-u) + (1-u)u^2 = 3u^2(1-u) \\ N_{3,4} = \frac{(u-t_3)N_{3,3}}{t_6-t_3} + \frac{(t_6-u)N_{4,3}}{t_7-t_4} = \frac{uN_{3,3}}{1} + \frac{(1-u)N_{4,3}}{0} = u^3 \end{cases}$$

$$\rightarrow \mathbf{P}(u) = (1-u)^3 \mathbf{P}_0 + 3u(1-u)^2 \mathbf{P}_1 + 3u^2(1-u) \mathbf{P}_2 + u^3 \mathbf{P}_3 = \sum_{i=0}^3 {}_3C_i u^i (1-u)^{3-i} \mathbf{P}_i$$



3.



(오더) $k = 3$

(조정점) $P_0 = (1, 0), P_1 = (1, 1), P_2 = (0, 1), P_3 = (-1, 1), P_4 = (-1, 0)$

(호모지니어스 좌표/가중치) $w_0 = 1, w_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}, w_2 = 1, w_3 = \frac{1}{\sqrt{2}}, w_4 = 1$

(매듭값) $0, 0, 0, 1, 1, 2, 2, 2$

4. 시작점과 끝점 중복

(1) # of knot $= (n+1) + k = 7 + 3 = 10, \left[0, 0, 0, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{2}{3}, 1, 1, 1 \right]$ (5 점)

(2) # of knot $= (n+1) + k = 9 + 3 = 12, \left[0, 0, 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{2}{4}, \frac{2}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4}, 1, 1, 1 \right]$ (5 점)

5. (7 개 방법, 종류/설명 각 1 점, +1 점)

Material extrusion (소재압출식): 미국의 스트라타시스가 1988 년 특허를 낸 '압출적층조형(FDM)'이 대표적인 소재압출식 3D 프린팅기술이다. 열에 녹는 플라스틱 등 재료를 반고체상태로 만들어 층층이 쌓아 원하는 형태로 만드는 방식으로 가장 대중적인 기술이다. 완성된 제품의 옆면에는 쌓는 과정에서 생긴 선자국이 보여 후가공을 거쳐야 한다.

Vat photopolymerization (광중합식): 미국의 3D 시스템이 1986 년 개발한 '광경화성수지조형(SLA)'기술이 대표적이다. 빛에 반응하는 물질을 액체상태로 만든 다음 레이저로 쏘아 도면대로 재료를 굳히는 방식으로 부피가 큰 산업용 제품을 만드는데 적합하다. 제품 겉면이 깔끔해 치과 치료용 제품이나 보석 등 섬세한 제품을 만드는데도 활용한다.

Powder bed fusion (분말소결식): 가루형태로 만든 재료에 레이저를 쏘아 모양을 만든 다음 롤러로 누르고 그 위에 다시 재료를 쌓는 방식이다. 1980 년대 중반 미 텍사스대 연구팀이 개발한 '선택적 레이저소결(SLS)'기술이 대표적이다. 나일론, 세라믹, 알루미늄, 스테인리스 등 다양한 소재를 활용할 수 있고 남은 분말은 재사용할 수 있지만, 3D 프린터 자체의 가격대가 높은 편이다.

Material jetting (소재분사식): 잉크젯프린터와 같은 원리로 가는 관으로 재료를 방울방울 떨어뜨려 쌓은 다음 자외선으로 굳힌다. 이런 기술을 활용한 3D 프린터를 폴리젯(polyjet)이라고 부른다.

Binder jetting (결합재분사식): 가루형태인 주재료에 액체상태인 결합재를 쏘아 원하는 모양으로 만드는 방식으로 MIT 에서 1993 년 개발했다.

Sheet lamination (판재적층식): 얇은 판 형태로 만든 종이, 금속, 합성수지 등 재료에 초음파를 쏘아 용접한 다음 컴퓨터수치제어시스템으로 원하는 모양대로 만드는 방식이다.

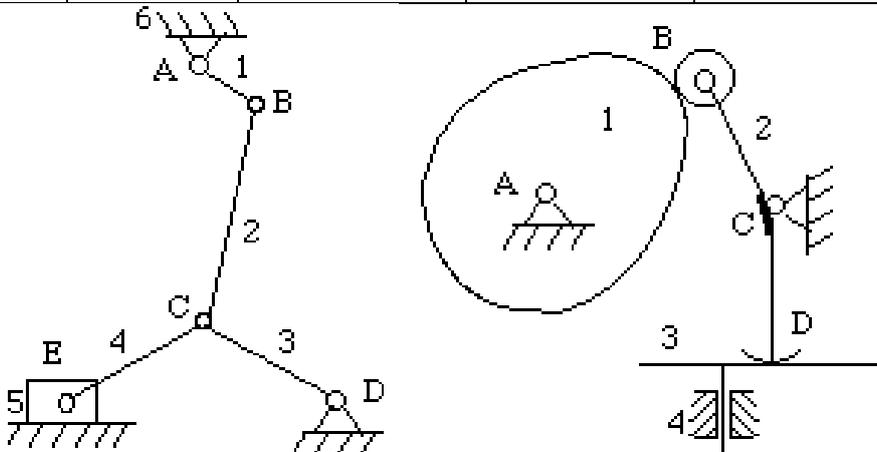
Directed energy deposition (직접용착식): 첨단 철강산업에서 주로 사용하는 방식으로 금속분말이나 금속선에 레이저나 플라즈마 등으로 열을 가해 녹인 다음 로봇팔을 이용해 원하는 형태로 만들어 굳힌다.

6. (5 개까지 각 1 점)

- 기존 절삭방식에서는 불가능한 중공형상 및 복잡한 형상제작
- 재료비 절감
- 비용 절감 (제조공정 간소화, 인력이 많이 소요되지 않아 인건비, 조립비용 절감)
- 일체화된 어셈블리된 형상을 한번에 조형
- 복수의 모델을 한번에 조형 가능
- 복수의 상이한 재료를 사용한 일체조형 가능
- 다품종 소량생산
- 생산자의 기술력에 크게 의존하지 않음
- 시제품 제작 비용 및 시간 절감

7. 링크 수, 각 조인트 수 맞는 경우 1 점, 답만 맞는 경우 0 점

	# of Links	# of Full Joints	# of Half Joints	DOF=3*(L-1)-2*J1-J2	
(1)	6	7	0	1	(5점)
(2)	4	3	2	1	(5점)



8. Trim: Surface, curve 등 선택한 요소간의 교차점을 기준으로 절단하고 병합함. (1 점)

(Trim 1 회 = Split 2 회 + Join 1 회)

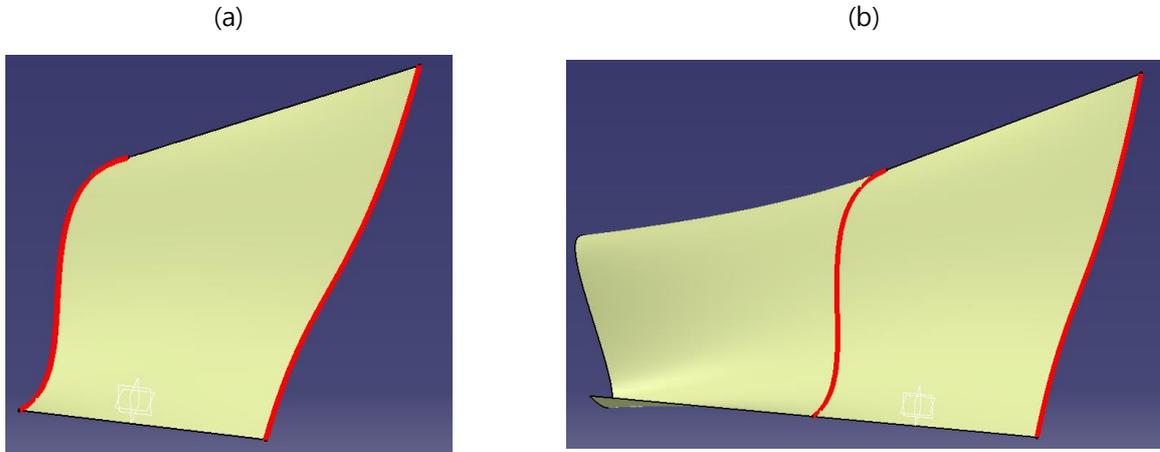
- Standard: Surface 요소에 적용 가능하고, 교차점을 기준으로 절단 후 병합. (1.5 점)

- Pieces: Curve 요소에 적용 가능하고, 교차점을 기준으로 절단 후 선택한 curve 들을 병합. (1.5 점)

9. (각 5 점)

(a) Two limits: 두 개의 guide curve 를 이용하여 surface 생성

(b) Limit and middle: 하나의 curve 는 경계선, 다른 하나는 surface 중간에 위치하도록 surface 생성



10. (각 2 점)

(a) Existing Component: 이미 있는 컴포넌트, 파트를 product 에 추가. 파트의 위치는 작업한 모델링의 위치에 따라 정해짐.

(b) Existing Component with Position: 컴포넌트, 파트를 추가하면서 기존에 불러온 파트를 이용하여 대략적인 위치, 구속 결정

(c) Replace Component: 선택한 컴포넌트를 새로운 컴포넌트로 대체

11. (각 5 점)

(a) Roll curve joint: 선택한 curve 끼리 맞물려 움직이도록 joint 생성

→ Revolute joint 를 이용하여 하나의 파트를 회전시킬 경우 다른 파트는 선택한 두 curve 가 동일한 길이만큼 움직이도록 회전

(b) Gear joint: 두 개의 revolute joint 에 기어비를 설정하여 회전 운동하도록 joint 생성

→ Revolute joint 를 이용하여 하나의 파트를 회전시킬 경우 다른 파트는 기어비에 따라 회전(5 점)

12. (각 2 점)

(a) Cylindrical joint: 두 컴포넌트가 병진운동과 회전운동을 하도록 joint 생성

(b) Rigid joint: 두 컴포넌트의 상대 위치를 고정해주는 joint 생성

(c) Point curve joint: 특정 점이 특정 곡선을 따라 움직이도록 joint 생성

(d) Rack joint: 기어비를 이용하여 회전, 병진 운동하도록 joint 생성

(e) Cable joint: 두 개의 prismatic joint 를 연결하여 cable 이 연결된 것처럼 움직이도록 joint 생성