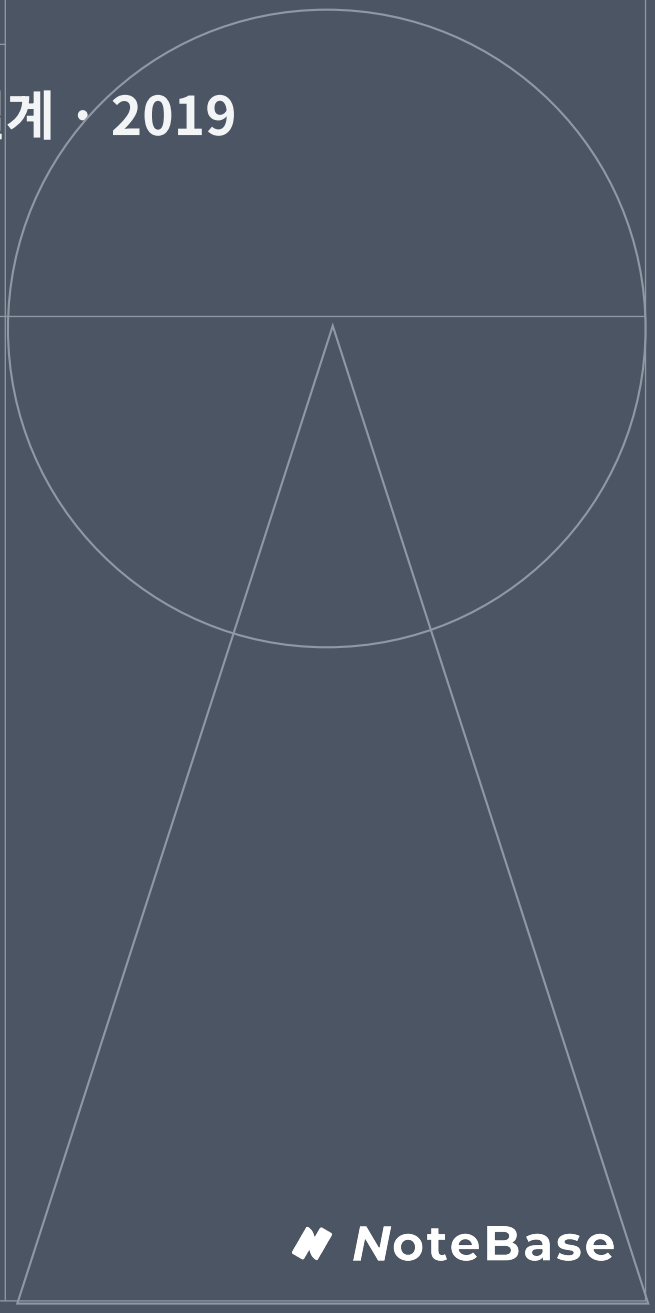
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 기계설계 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 기계설계 · 2019

공무원/국가직/9급 · 기계설계 · 2019

문 1. 세 줄 나사로 된 만년필 뚜껑을 480° 회전시켰더니 3 mm 움직였다면, 이때 만년필 뚜껑에 사용된 나사의 피치[mm]는?

① 0.25

② 0.5

③ 0.75

④ 1.0

정답 3번

간단한 해설

세 줄 나사는 한 바퀴 회전할 때 **피치의 3배인 리드**만큼 축 방향으로 이동한다. 480° 회전하여 3 mm 이동했으므로 한 바퀴당 이동량은 2.25 mm이고, 피치는 0.75 mm이다.

계산 과정

피치 p는 축 방향으로 이웃한 나사산 사이의 거리이고, 리드 L은 나사가 한 바퀴 회전할 때 축 방향으로 이동하는 거리이다. 세 줄 나사는 세 가닥의 나선이 감긴 구조이므로 **리드는 피치의 3배**이다. 따라서 $L = 3p$가 성립한다.

회전수: 한 바퀴는 360°이므로, 480°를 회전한 횟수는 $n = \frac{480}{360} = \frac{4}{3}$바퀴이다.

리드 계산: 축 방향 이동량은 회전수와 리드의 곱이다. 이동량이 3 mm이므로 $L = \frac{3}{4/3} = 2.25$ mm이다. 이 값은 **한 바퀴당 이동량**이다.

피치 계산: 세 줄 나사이므로 $p = \frac{L}{3} = \frac{2.25}{3} = 0.75$ mm이다. 구한 피치 0.75 mm는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 디스크 중심으로부터 마찰패드 중심까지의 거리가 100 mm이고, 마찰계수가 0.5인 양면 디스크 브레이크에서 제동토크 50 N·m가 발생할 때, 패드 하나가 디스크를 수직으로 미는 힘[N]은?

① 250

② 500

③ 1000

④ 2000

정답 2번

간단한 해설

양면 디스크 브레이크에서는 **두 마찰면의 제동토크를 합산**한다. 패드 하나의 수직력을 F라 하면 $T = 2\mu Fr$ 이므로, 반지름 0.1 m와 마찰계수 0.5를 적용한 수직력은 500 N이다.

계산 과정

주어진 값: 제동토크 T는 50 N·m, 마찰계수 μ는 0.5이다. 디스크 중심에서 패드 중심까지의 거리는 마찰력이 작용하는 반지름 r이며, 토크의 길이 단위를 m로 맞추면 100 mm = 0.1 m이다.

제동토크 관계: 패드 하나가 디스크를 수직으로 미는 힘을 F라 하면, 그 면에서 발생하는 마찰력은 μF이고 제동토크는 μFr이다. 양면에서는 **두 면의 마찰력이 만드는 토크가 더해지므로** 전체 제동토크는 $T = 2\mu Fr$이다. 여기서 F는 두 패드 힘의 합이 아니라 패드 하나의 수직력이다.

수직력 계산: 위 관계에서 $F = \frac{T}{2\mu r}$이므로, $F = \frac{50}{2 \cdot 0.5 \cdot 0.1} = 500\text{N}$이다. 따라서 패드 하나가 디스크를 수직으로 미는 힘은 500 N이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 금속분말을 가압·소결하여 성형한 뒤 윤활유를 입자 사이의 공간에 스며들게 한 것으로, 급유가 곤란한 곳 또는 급유를 못하는 곳에 사용하는 베어링은?

① 오일리스 베어링(oilless bearing)

② 니들 베어링(needle bearing)

③ 앵귤러 볼 베어링(angular ball bearing)

④ 롤러 베어링(roller bearing)

정답 1번

간단한 해설

금속분말을 소결한 뒤 입자 사이의 빈틈에 윤활유를 저장해 스스로 윤활하는 것은 **소결 함유형 오일리스 베어링**이다. 내부에 저장된 기름이 윤활하므로 외부에서 급유하기 어려운 곳에 사용한다.

공통 해설

오일리스 베어링은 외부에서 윤활제를 공급하는 양이나 횟수를 줄이거나, 별도의 급유 없이 사용할 수 있도록 한 자기윤활 베어링이다. 문제의 '금속분말을 가압·소결하고 입자 사이의 공간에 윤활유를 스며들게 한 것'은 그중 **소결 함유 베어링**에 해당한다. 여기서 함유란 베어링 내부에 기름을 머금게 한다는 뜻이다.

소결체에 남은 미세한 빈틈인 기공이 윤활유의 저장 공간이 된다. 운전 중 내부의 윤활유가 축과 베어링의 미끄럼 접촉면으로 스며 나와 윤활막을 형성하므로 급유가 곤란하거나 급유할 수 없는 곳에 적합하다. 이때 오일리스는 **기름이 전혀 없다는 뜻이 아니라 별도의 급유 필요를 줄인다는 뜻**이다.

니들 베어링·앵귤러 볼 베어링·롤러 베어링은 볼이나 롤러의 구름운동을 이용하는 베어링이다. 이 명칭들은 문제에서 설명한 다공질 소결체의 윤활유 저장과 자기윤활 구조를 가리키지 않는다.

NoteBase

문 4. 정하중 상태에서 비틀림 모멘트만을 받아 동력을 전달하는 지름 d, 허용전단응력 τ, 전단탄성계수 G인 중실축이 전달할 수 있는 최대 토크는?

① $\frac{16}{\pi d^3 \tau}$
② $\frac{\pi d^3 \tau}{16}$
③ $\frac{32}{\pi d^3 \tau}$
④ $\frac{\pi d^3 \tau}{32}$

정답 2번

간단한 해설

중실 원형축은 **바깥 표면의 전단응력이 허용전단응력에 도달할 때** 전달 토크가 최대가 된다. 비틀림 전단응력 관계를 적용하면 최대 토크는 $T_{\max} = \frac{\pi d^3 \tau}{16}$이다.

계산 과정

비틀림 전단응력: 탄성 범위에서 원형축에 토크 T가 작용하면 중심에서 멀어질수록 전단응력이 커진다. 따라서 **바깥 표면에서 전단응력이 최대**이며, 그 값은 $\tau_{\max} = \frac{Tr}{J}$이다. 여기서 r은 축의 바깥 반지름, J는 단면의 극관성모멘트이다.

중실축의 단면 특성: 지름이 d인 중실 원형축은 $r = \frac{d}{2}$, $J = \frac{\pi d^4}{32}$이다. 이를 전단응력 식에 대입하면 $\tau_{\max} = \frac{16T}{\pi d^3}$이 된다. 극관성모멘트 식의 분모 32에 반지름의 계수 1/2이 함께 반영되어 전단응력 식의 계수는 16이 된다.

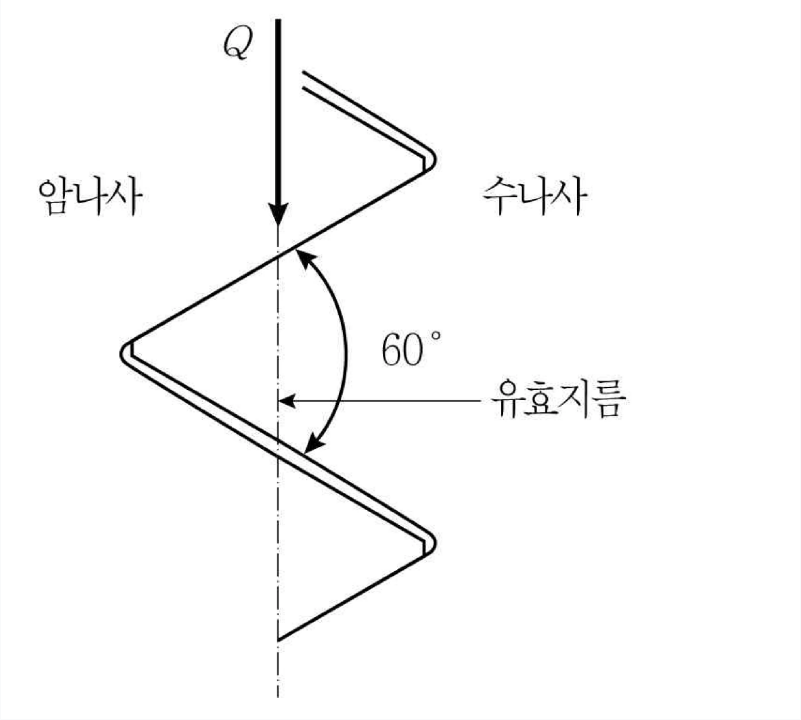
전단탄성계수: G는 토크에 따른 축의 비틀림 변형을 결정하는 재료 상수이다. 이 문제는 비틀림각의 제한 없이 **허용전단응력에 따른 강도 조건**을 묻고 있으므로, 최대 토크 식에 G가 들어가지 않는다.

최대 토크: 최대 전단응력이 허용전단응력 τ를 넘지 않아야 하므로 $\frac{16T}{\pi d^3} \le \tau$이다. 한계에서 등호가 성립하여 $T_{\max} = \frac{\pi d^3 \tau}{16}$을 얻으며, 이는 ②의 식과 일치한다. 예를 들어 d를 mm, τ를 $\mathrm{N/mm^2}$로 넣으면 토크의 단위는 $\mathrm{N \cdot mm}$가 된다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 피치 2 mm, 유효지름 10 mm, 나사면 마찰계수 0.3인 삼각나사를 죄기 위한 토크가 100 N · mm일 때, 나사의 축방향으로 미는 힘 Q[N]에 가장 가까운 값은? (단, $\pi = 3.0$으로 하고, 계산에 필요한 삼각함수는 주어진 값을 적용한다)

$\sin 30^\circ = 0.5, \quad \cos 30^\circ = 0.9, \quad \tan 30^\circ = 0.6 \sin 60^\circ = 0.9, \quad \cos 60^\circ = 0.5, \quad \tan 60^\circ = 1.7$



① 21

② 27

③ 49

④ 66

정답 3번

간단한 해설

삼각나사는 나사산의 쐐기 작용으로 마찰이 커지므로 **나사산 반각 30°로 마찰계수를 보정**해야 한다. 보정한 마찰계수와 리드각을 죄기 토크식에 적용하면 축방향 힘은 약 48.9 N이다.

NoteBase

계산 과정

나사산 반각과 마찰계수: 유효지름을 d_m, 나사산 반각을 α, 나사면 마찰계수를 μ라 한다. 주어진 값은 유효지름 10 mm, 피치 2 mm, 마찰계수 0.3, 죄기 토크 100 N·mm이다. 그림의 60°는 나사산의 전체 각도이므로 반각은 30°이다. 삼각나사는 경사진 나사면의 쐐기 작용으로 수직항력과 마찰력이 커지므로 **상당마찰계수** $\mu' = \frac{\mu}{\cos\alpha}$를 사용한다. 주어진 삼각함수 값으로 계산하면 $\mu' = \frac{0.3}{0.9} = \frac{1}{3}$이다.

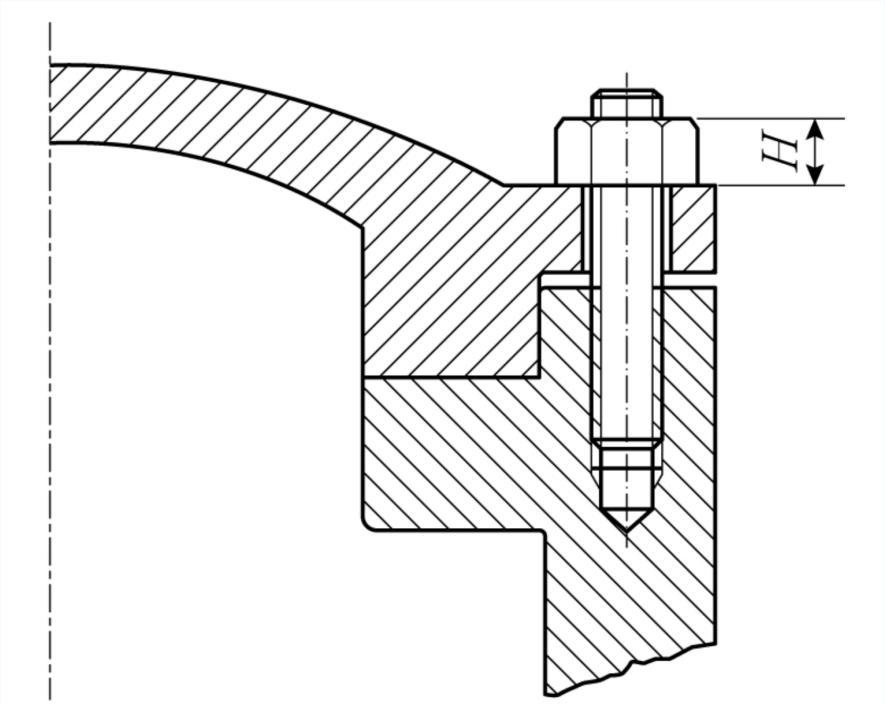
리드각: 줄 수가 따로 제시되지 않았으므로 한 줄 나사로 계산하며, 한 바퀴 돌 때 축방향으로 이동하는 리드는 피치와 같은 2 mm이다. 나사선을 유효지름의 원주에서 펼치면 밑변이 원주 길이, 높이가 리드인 직각삼각형이 된다. 따라서 리드각 λ는 $\tan\lambda = \frac{2}{3.0 \cdot 10} = \frac{1}{15}$로 구한다.

죄기 토크 관계: 상당마찰각을 ρ'라 하면 $\tan\rho' = \mu'$이다. 나사를 죄려면 리드에 따른 경사와 나사면 마찰을 함께 이겨야 하므로 원주방향 힘은 $Q\tan(\lambda + \rho')$이고, 여기에 유효반지름을 곱한 토크는 $T = Q\frac{d_m}{2}\tan(\lambda + \rho')$이다. 탄젠트 덧셈공식에 따라 $\tan(\lambda + \rho') = \frac{\tan\lambda + \mu'}{1 - \mu'\tan\lambda}$이며, 앞에서 구한 값을 대입하면 $\tan(\lambda + \rho') = \frac{9}{22}$이다.

축방향 힘: 유효반지름은 5 mm이므로 토크식은 $100 = Q \cdot 5 \cdot \frac{9}{22}$가 된다. 이를 풀면 $Q = \frac{100 \cdot 22}{5 \cdot 9} \approx 48.9$N이다. 따라서 가장 가까운 값은 ③의 49 N이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 압력용기에서 내부압력에 의해 용기 뚜껑에 작용하는 전체 하중이 10 kN이고, 용기 뚜껑을 볼트 4개로 체결할 때, 나사산의 면압력만을 고려한 너트의 높이 H[mm]는? (단, 나사의 허용 접촉 면압력 10 MPa, 피치 2 mm이고, 볼트의 바깥지름과 골지름은 각각 11 mm, 9 mm이다. 또한, 너트의 각 나사산에 작용하는 축방향 하중은 균등하다)



① $\frac{20}{\pi}$

② $\frac{30}{\pi}$

③ $\frac{40}{\pi}$

④ $\frac{50}{\pi}$

정답 4번

간단한 해설

볼트 한 개가 받는 하중은 2,500 N이며, 이를 **맞물린 나사산들의 축방향 투영 접촉면적**으로 나눈 면압력이 10 MPa 이하여야 한다. 나사산 한 개의 투영면적과 피치 2 mm를 적용하면 필요한 너트 높이는 $H = \frac{50}{\pi}$ mm이다.

NoteBase

계산 과정

볼트 한 개의 하중: 전체 하중 10 kN을 볼트 4개가 균등하게 분담하므로, 볼트 한 개에 작용하는 축방향 하중은 $F = \frac{10{,}000}{4} = 2{,}500$ N이다.

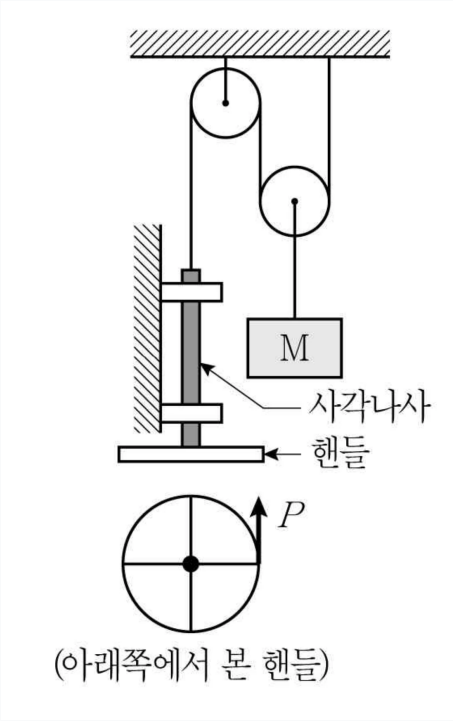
나사산 한 개의 접촉면적: 축방향 하중에 대한 면압력을 계산할 때는 **나사산 접촉면을 축에 수직인 평면에 투영한 고리 모양 면적**을 사용한다. 바깥지름 11 mm, 골지름 9 mm이므로 한 나사산의 투영면적은 $A_1 = \frac{\pi}{4}(11^2 - 9^2)$에서 $A_1 = 10\pi$ mm^{2}이다.

필요한 나사산 수: 맞물린 나사산 수를 z라 하면, 각 나사산이 하중을 균등하게 받으므로 전체 투영 접촉면적은 zA_1이다. 허용 면압력은 10 MPa = 10 N/mm^{2}이므로 $\frac{F}{zA_1} \le 10$을 만족해야 한다. 따라서 최소 나사산 수는 $z = \frac{2{,}500}{10 \cdot 10\pi} = \frac{25}{\pi}$이다.

너트 높이: 그림의 H는 너트의 축방향 높이이다. 피치 P = 2 mm는 인접한 나사산 사이의 축방향 간격이므로 **너트 높이는 맞물린 나사산 수에 피치를 곱한 값**이다. $H = zP$에 대입하면 $H = \frac{25}{\pi} \cdot 2 = \frac{50}{\pi}$ mm이며, 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 그림은 나사와 도르래를 이용하여 무게 119.4N의 물체 M을 들어 올리는 장치이다. 적용된 나사가 바깥지름 22 mm, 유효지름 20 mm, 피치 3 mm인 사각나사일 때, 물체를 들어올리기 위해 필요한 최소 힘 P[N]은? (단, 핸들의 지름은 180 mm, 사각나사의 마찰계수는 0.1이며, π = 3.0으로 한다. 또한, 물체 M 외 다른 부품의 무게는 모두 무시한다)



① 0.5

② 0.7

③ 1.0

④ 2.0

정답 3번

간단한 해설

움직도르래는 **두 줄의 장력**으로 물체를 지지하므로 나사에 걸리는 축방향 하중은 59.7 N이다. 이 하중과 나사 마찰을 고려한 필요 토크는 90 N·mm이고, 핸들 반지름 90 mm에서 필요한 힘은 **1.0 N**이다.

NoteBase

계산 과정

도르래의 하중: 그림에서 물체 M은 아래쪽 움직도르래에 연결되어 있고, 이 도르래 양쪽의 줄이 위로 당긴다. 도르래의 마찰을 무시하는 이상적인 줄·도르래로 다루면 양쪽 장력은 같다. 줄의 장력을 F라 할 때 2F = 119.4 N이므로 $F = \frac{119.4}{2} = 59.7$ N이다. 나사에 연결된 줄 끝에도 같은 장력이 작용하므로 **나사가 이겨야 할 축방향 하중은 59.7 N**이다. 위쪽 고정도르래는 줄이 당기는 방향을 바꾼다.

나사의 리드각: 줄 수가 따로 주어지지 않았으므로 한 줄 나사로 보아 리드 l을 피치와 같은 3 mm로 적용한다. 리드각 λ는 나사산을 유효지름의 원통면에서 한 바퀴 펼쳤을 때 생기는 경사각이다. 유효지름을 d_m이라 하면 $\tan\lambda = \frac{l}{\pi d_m}$이다. 따라서 $\tan\lambda = \frac{3}{3.0 \cdot 20} = 0.05$이다. 여기에는 바깥지름 22 mm가 아니라 **유효지름 20 mm**를 사용한다.

물체를 올리는 데 필요한 토크: 나사에 연결된 줄 끝을 아래로 당기면 움직도르래와 물체가 올라간다. 이때 나사는 축방향 하중과 나사면의 마찰을 이겨야 한다. 사각나사에서 이 운동을 시작하는 데 필요한 토크를 τ, 마찰계수를 μ라 하면 $\tau = \frac{Fd_m}{2}\frac{\mu + \tan\lambda}{1 - \mu\tan\lambda}$이다. 이는 나사산을 펼친 경사면에서 하중을 거슬러 움직이는 데 필요한 힘을 구하고 유효반지름을 곱한 관계이다. 주어진 값으로 $\frac{Fd_m}{2} = \frac{59.7 \cdot 20}{2} = 597$ N·mm이고, 마찰과 리드각을 반영한 비는 $\frac{0.1 + 0.05}{1 - 0.1 \cdot 0.05} = \frac{0.15}{0.995}$이다. 따라서 $\tau = 597 \cdot \frac{0.15}{0.995} = 90$ N·mm이다.

핸들에 가할 힘: 그림의 P는 핸들 가장자리에 접선 방향으로 작용하므로 힘의 모멘트 팔은 **핸들의 반지름**이다. 핸들 지름이 180 mm이므로 $r = \frac{180}{2} = 90$ mm이다. $\tau = Pr$에서 $P = \frac{\tau}{r} = \frac{90}{90} = 1.0$ N이다. 이는 ③의 1.0 N에 해당한다.

NoteBase

문 8. 그림은 스프링의 변형을 이용하는 악력기이다. 스프링에 작용하는 주된 변형에너지는?



① 굽힘
② 압축
③ 비틀림
④ 인장

정답 1번

간단한 해설

손잡이를 오므리면 코일을 이루는 선재가 굽혀지면서 탄성에너지가 저장된다. 스프링 전체가 회전하는 형태로 움직여도, 선재의 주된 변형은 **굽힘**이다.

NoteBase

공통 해설

그림에서는 위쪽 코일의 양 끝이 두 손잡이로 이어져 있다. 손잡이를 오므리면 코일 중심을 기준으로 양 끝의 상대 각도가 바뀌며, 코일을 이루는 선재의 곡률이 변한다. 이때 선재에 굽힘모멘트가 작용하므로 주로 저장되는 것은 **굽힘 변형에너지**이다. 힘을 놓으면 선재가 원래 형상으로 돌아가려 하여 손잡이가 다시 벌어진다.

이 구조는 비틀림 코일스프링이지만, 명칭의 '비틀림'은 코일 양 끝의 상대적인 회전 작동을 가리킨다.
변형에너지의 종류는 **선재 자체가 어떻게 변형되는지**를 기준으로 구분한다. 따라서 코일 전체의 회전을 선재 자체의 비틀림으로 판단해서는 안 되며, 손잡이를 누른다는 사실만으로 압축으로 판단해서도 안 된다. 그림의 주된 변형은 선재 길이 방향으로 눌리거나 늘어나는 것이 아니라 곡률이 변하는 굽힘이다.

NoteBase

문 9. 표준 스퍼기어를 사용하는 유성기어 장치에서 태양기어 잇수는 20이고, 유성기어 잇수는 25이다. 링기어를 고정하고 태양기어를 입력, 캐리어를 출력으로 사용하고자 할 때, 입력 토크가 90 N·m이면 출력 토크[N·m]는? (단, 기어의 전동효율은 100%이다)

① 20

② 45

③ 405

④ 450

정답 3번

간단한 해설

링기어의 잇수는 70이고, 링기어를 고정하면 태양기어에서 캐리어로의 **감속비는 4.5**이다. 전동효율이 100%이므로 토크는 감속비만큼 커져 출력 토크가 **405 N·m**가 된다.

계산 과정

1. 링기어의 잇수: 태양기어, 유성기어, 링기어의 잇수를 각각 Z_s, Z_p, Z_r라 한다. 표준 스퍼기어가 같은 모듈로 맞물리므로 피치원 반지름은 잇수에 비례한다. 태양기어와 링기어 사이에 유성기어가 들어가므로 링기어의 피치원 반지름은 태양기어의 반지름에 유성기어의 지름을 더한 값이다. 따라서 **유성기어 잇수의 두 배를 더해** $Z_r = Z_s + 2Z_p$를 적용하면 $Z_r = 20 + 2 \cdot 25 = 70$이다.

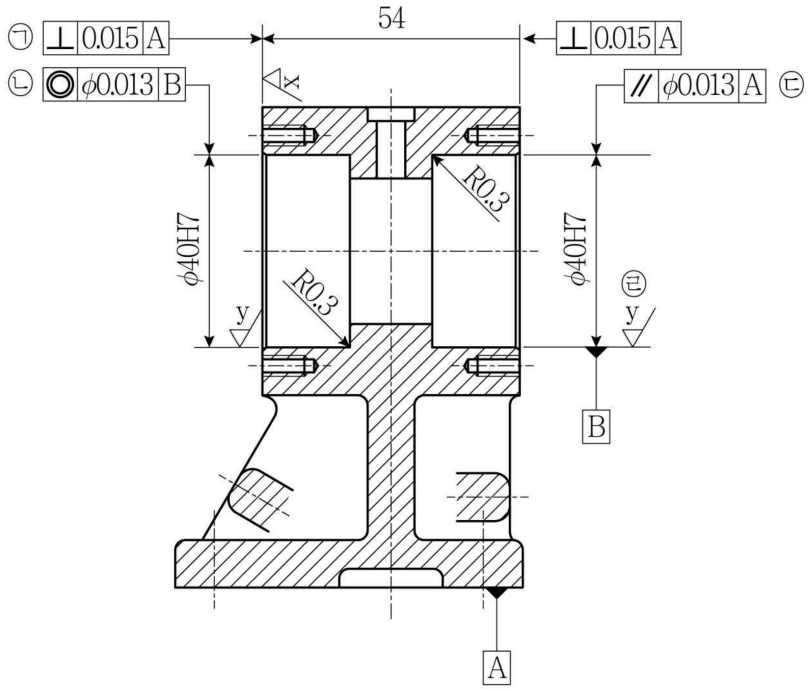
2. 감속비: 태양기어와 캐리어의 각속도를 각각 ω_s, ω_c라 하고, 입력 각속도를 출력 각속도로 나눈 감속비를 i라 한다. 캐리어를 기준으로 보면 태양기어와 링기어는 유성기어를 사이에 두고 반대 방향으로 회전한다. 이 상대속도 관계에 **링기어의 각속도가 0**이라는 조건을 적용하면 $i = \frac{\omega_s}{\omega_c} = 1 + \frac{Z_r}{Z_s}$이다. 수치를 대입하면 $i = 1 + \frac{70}{20} = 4.5$이다. 즉, 태양기어가 4.5회전할 때 캐리어는 같은 방향으로 1회전한다.

3. 출력 토크: 입력 토크와 출력 토크의 크기를 각각 T_{in}, T_{out}이라 한다. 고정된 링기어는 반력 토크를 받지만 회전하지 않으므로 동력을 전달하지 않는다. **전동효율이 100%**이므로 입력 동력과 출력 동력이 같아 $T_{\text{in}}\omega_s = T_{\text{out}}\omega_c$이다. 따라서 출력 토크는 입력 토크에 감속비를 곱한 값이며, $T_{\text{out}} = 90 \cdot 4.5 = 405$ N·m이다.

출력 토크 405 N·m는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림에서 ㉠ ~ ㉣로 표시된 도면기호에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① ㉠ - 직각도 공차이며, 지시선의 화살표로 나타내는 면은 데이텀 A에 수직하고 0.015 mm만큼 떨어진 두 개의 가상 평행 평면 사이에 있어야 한다.

② ㉡ - 동축도 공차이며, 지시선의 화살표로 나타낸 구멍의 중심축은 데이텀 B의 중심축을 기준으로 하는 지름 0.013 mm인 원통 안에 있어야 한다.

③ ㉢ - 평행도 공차이며, 지시선의 화살표로 나타내는 지름 40 mm 구멍의 중심축은 데이텀 A와 B에 평행한 지름 0.013 mm의 원통 내에 있어야 한다.

④ ㉣ - 표면 거칠기 기호이며, 선반이나 밀링 등에 의한 가공 흔적이 남아 있지 않은 상급 다듬질 면이어야 한다.

정답 3번

간단한 해설

㉢의 공차 기입틀에는 **데이텀 A만** 지정되어 있다. 지름 40 mm 구멍의 중심축은 기준면 A에 평행한 축을 갖는 지름 0.013 mm의 원통 안에 있어야 하며, 데이텀 B와의 평행 관계까지 지정한 것은 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① O: ㉠의 ⊥는 직각도 기호이고, 기준은 바닥면인 데이텀 A이다. 지시된 측면은 **A에 수직인 두 평행 평면** 사이에 들어가야 하며, 두 평면 사이의 간격은 0.015 mm이다. 이 수치는 직각에서 벗어난 각도가 아니라 면이 허용되는 영역의 폭이다.

② O: ㉡의 겹원 기호는 동축도를 나타내며, 기준 B는 오른쪽 지름 40 mm 구멍의 중심축이다. 왼쪽 구멍의 실제 중심축은 **B의 중심축과 축이 일치하는** 지름 0.013 mm의 원통 안에 있어야 한다. 이는 두 구멍의 축이 서로 어긋나는 정도를 제한한다.

③ X: ㉢의 //는 평행도 기호이며, 공차값 앞의 ϕ는 공차역이 지름 0.013 mm인 원통임을 뜻한다. 공차 기입틀의 기준란에는 **A만 지정되어 있다**. 따라서 오른쪽 지름 40 mm 구멍의 중심축은 기준면 A에 평행한 축을 갖는 지름 0.013 mm의 원통 안에 있어야 한다. 선지의 '데이텀 A와 B에 평행한'은 '데이텀 A에 평행한'으로 고친다. B가 이 구멍의 중심축을 다른 공차의 기준으로 지정하는 표식이라고 해서 ㉢의 기준에 추가되지는 않는다.

④ O: ㉣의 y는 표면 거칠기의 구분을 나타내며, 종래 다듬질 기호 ▽▽▽에 대응하는 **상급 다듬질**이다. 선반이나 밀링 등에 의한 가공 흔적이 남지 않을 정도로 매끄럽게 다듬은 면을 요구한다. 이는 가공 후 표면 상태에 관한 요구이며, 제거 가공을 금지한다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 11. 관로에서 입구 단면적이 80 cm^2이고, 출구 단면적은 20 cm^2일 때, 입구에서 4m/s의 속도로 비압축성 유체가 흘러 들어가고 있다면, 출구에서 유체 속도[m/s]는?

① 4

② 8

③ 12

④ 16

정답 4번

간단한 해설

비압축성 유체의 정상 흐름에서는 **단면적과 평균 유속의 곱이 일정**하다. 출구 단면적은 입구의 1/4이므로 출구 유속은 입구의 4배인 16 m/s이다.

계산 과정

관로 안에 유체가 축적되지 않는 정상 흐름으로 본다. 비압축성 유체는 밀도가 일정하므로 입구와 출구의 **체적 유량이 같다**. 단면적을 A, 단면 평균 유속을 v라 하면 체적 유량은 $Q = Av$이므로, 입구를 1, 출구를 2로 나타낼 때 $A_1 v_1 = A_2 v_2$가 성립한다.

주어진 값은 $A_1 = 80\text{cm}^2$, $A_2 = 20\text{cm}^2$, $v_1 = 4\text{m/s}$이다. 출구 유속은 $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$로 구한다. 두 단면적의 단위가 같으므로 **면적비에서 단위가 소거**되어 m^2로 환산할 필요가 없다. 면적비는 $\frac{80}{20} = 4$이므로 출구 유속은 입구 유속의 4배이며, $v_2 = 4 \cdot 4 = 16\text{m/s}$이다.

출구의 유체 속도는 16 m/s이며, 이는 ④의 16에 해당한다.

NoteBase

문 12. 원판 모양의 디스크를 회전시켜 관을 개폐하는 방식의 밸브로서 디스크의 열림 각도를 변화시켜 유량을 조절하며, 지름이 큰 관로에 사용되는 것은?

① 버터플라이 밸브(butterfly valve)

② 체크 밸브(check valve)

③ 리듀싱 밸브(reducing valve)

④ 코크 밸브(cock valve)

정답 1번

간단한 해설

버터플라이 밸브는 **원판형 디스크를 회전**시켜 관로를 여닫고, 디스크의 열림 각도로 유량을 조절한다. 이러한 구조는 지름이 큰 관로에도 사용된다.

공통 해설

버터플라이 밸브(butterfly valve)는 관 안에 놓인 **원판형 디스크의 회전 각도**로 유체가 통과하는 통로를 조절하는 밸브이다. 디스크 면이 유체의 흐름 방향에 수직이면 통로를 막고, 흐름 방향에 평행해지면 통로가 열린다. 중간 각도에서는 디스크가 통로를 일부 가리므로 열림 정도를 바꾸어 유량을 조절할 수 있다.

문제의 원판 모양, 회전에 의한 개폐, 열림 각도에 따른 유량 조절은 모두 이 작동 원리에 해당한다. 지름이 큰 관로에 사용된다는 조건도 버터플라이 밸브의 용도와 부합한다.

NoteBase

문 13. 회전축의 위험속도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 굽힘과 비틀림 변형에너지가 축의 변형과 복원을 반복해서 일으키는 것과 관계가 있다.

② 진동현상이 발생되면 축이 파괴되기도 한다.

③ 축의 상용회전수는 위험속도로부터 ±20% 내에 들어야 한다.

④ 세로진동은 비교적 위험성이 적으므로, 주로 휨진동과 비틀림진동을 고려해서 설계한다.

정답 3번

간단한 해설

위험속도 부근에서는 공진으로 진동이 커지므로, 상용회전수는 **위험속도로부터 ±20% 범위를 피하도록** 정한다. '±20% 내에 들어야 한다'는 설명은 운전 시 피해야 할 범위를 거꾸로 제시한 것이다.

선지별 해설

① O: 축이 굽거나 비틀리면 탄성 변형에너지가 저장되고, 원래 형태로 돌아가려는 복원력이 작용한다. 이 과정에서 **변형에너지와 운동에너지가 서로 전환**되면서 변형과 복원이 반복되어 휨진동이나 비틀림진동이 나타난다.

② O: 위험속도 부근에서 공진으로 진폭이 커지면 축에 작용하는 반복 응력도 커진다. 이 응력이 지나치게 크거나 반복되면 **과도한 변형이나 피로 손상으로 축이 파괴**될 수 있다.

③ X: 상용회전수는 위험속도에 가까이 두는 것이 아니라 충분히 떨어뜨려야 한다. 선지의 '±20% 내에 들어야 한다'는 **'±20% 범위를 피해야 한다'**로 고친다. 위험속도는 회전에 따른 가진 주파수가 축계의 고유진동수와 일치하여 공진이 발생하는 회전속도이므로, 그 부근에서 계속 운전하면 진폭과 응력이 커질 수 있다.

④ O: 세로진동은 축방향으로 늘어나고 줄어드는 진동이며, 일반적인 회전축에서는 상대적인 위험성이 작다. 주로 검토하는 **휨진동은 축이 옆으로 휘는 운동**이고, **비틀림진동은 비틀림각이 주기적으로 변하는 운동**이다. 이 두 진동은 각각 반복 굽힘응력과 반복 전단응력을 일으키므로 축 설계에서 중요하게 고려한다.

NoteBase

문 14. 두 개의 표준 스퍼기어를 사용하여 주축의 회전수가 3000 rpm일 때, 종동축의 회전수를 2000 rpm으로 감속하고자 한다. 양축의 중심거리는 300 mm이고, 기어 모듈을 3으로 하였을 때, 사용할 기어의 잇수는?

① 20, 30

② 40, 60

③ 60, 90

④ 80, 120

정답 4번

간단한 해설

맞물리는 두 기어의 **회전수와 잇수는 반비례**하므로 주축과 종동축 기어의 잇수비는 2:3이다. 중심거리와 모듈로 구한 잇수의 합은 200개이므로, 주축 기어는 80개, 종동축 기어는 120개가 필요하다.

계산 과정

1. 회전수로 잇수비 구하기: 주축 기어의 잇수를 z_1, 종동축 기어의 잇수를 z_2라 한다. 맞물리는 동안 두 기어가 통과시키는 이의 수가 같으므로 $3000z_1 = 2000z_2$이다. 따라서 $\frac{z_2}{z_1} = \frac{3000}{2000} = \frac{3}{2}$이며, **느리게 회전하는 종동축 기어의 잇수가 더 많다**.

2. 중심거리로 잇수의 합 구하기: 표준 스퍼기어의 피치원 지름은 $d = mz$이고, 두 축의 중심거리 a는 **두 피치원 반지름의 합**이다. 따라서 $a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$이다. 중심거리 300 mm와 모듈 3 mm를 대입하면 $z_1 + z_2 = \frac{2 \cdot 300}{3} = 200$이다. 즉, 두 기어의 잇수 합은 200개이다.

3. 두 조건을 함께 풀기: $z_2 = \frac{3}{2}z_1$을 잇수의 합에 대입하면 $\frac{5}{2}z_1 = 200$이다. 따라서 $z_1 = 200 \cdot \frac{2}{5} = 80$이고, $z_2 = 200 - 80 = 120$이다.

주축 기어 80개와 종동축 기어 120개의 조합은 ④의 80, 120에 해당한다.

NoteBase

문 15. 축의 원통 외면 또는 구멍의 원통 내면에 조립되는 부품을 축방향으로 고정하거나 이탈을 방지하는 기계요소로 고정링, 혹은 멈춤링으로 불리는 것은?

① 키
② 스냅링
③ 록너트
④ 코터

정답 2번

간단한 해설

스냅링은 축이나 구멍의 홈에 끼워 부품의 **축방향 이동과 이탈을 막는 고정링**이다. 고정링 또는 멈춤링이라는 명칭은 이 기능을 나타낸다.

공통 해설

스냅링은 축의 외주면이나 구멍의 내주면에 낸 원주 방향의 홈에 끼워 사용하는 탄성 고정링으로, 멈춤링이라고도 한다. 홈에 안착한 링의 일부가 돌출되어 조립 부품의 옆면을 받치므로 **축방향으로 이동하거나 빠져나가는 것을 막는다**. 축용은 축 바깥쪽 홈에, 구멍용은 구멍 안쪽 홈에 장착한다. 따라서 문제의 원통 외면·내면에 조립되어 축방향 이탈을 방지하는 고정링은 스냅링에 해당한다.

예를 들어 축에 끼운 베어링 옆의 홈에 스냅링을 장착하면, 링이 걸림턱 역할을 하여 베어링이 링 쪽으로 빠져나가는 것을 막는다.

NoteBase

문 16. 두께가 얇은 내경 d, 두께 t를 갖는 원통형 압력용기에 내압 p가 작용하고 있다. 길이방향 응력이 벽 두께에 걸쳐 균일하게 분포할 때, 응력의 크기를 계산하는 식은?

① $\frac{pd}{2t}$
② $\frac{p(d+t)}{2t}$
③ $\frac{pd}{4t}$
④ $\frac{p(d+t)}{4t}$

정답 3번

간단한 해설

길이방향 응력은 **내압이 끝판을 밀어내는 힘을 원통 벽의 단면이 지탱**하면서 생긴다. 얇은 벽의 단면적을 πdt로 근사하여 힘의 평형을 적용하면 $\sigma_L = \frac{pd}{4t}$가 된다.

계산 과정

길이방향 응력 σ_L은 원통의 축 방향으로 작용하는 인장응력이다. 닫힌 압력용기를 축에 수직으로 잘라 한쪽 부분의 힘의 평형을 생각한다. d는 내경, t는 벽 두께, p는 내압이며, 길이방향 응력은 문제의 조건에 따라 벽 두께에 걸쳐 균일하다고 본다.

끝판에 작용하는 압력의 합력: 내압은 **내경으로 둘러싸인 원의 면적**에 작용하므로, 끝판을 축 방향으로 밀어내는 힘은 $F = p\frac{\pi d^2}{4}$이다.

힘을 지탱하는 벽의 단면적: 외경은 $d + 2t$이므로 고리 모양 단면적은 $A = \frac{\pi}{4}\{(d+2t)^2 - d^2\} = \pi t(d+t)$이다. **벽 두께가 내경에 비해 매우 작으므로** $d + t \approx d$로 두어 $A \approx \pi dt$로 근사한다.

축 방향 힘의 평형: 벽이 지탱하는 힘 $\sigma_L A$가 내압의 합력 F와 같아야 한다. 따라서 $\sigma_L \pi dt = p\frac{\pi d^2}{4}$이고, 이를 정리하면 $\sigma_L = \frac{pd}{4t}$이다. 응력의 단위는 압력 p의 단위와 같으며, 이 식은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 17. 두 개의 스프로켓이 수평으로 설치된 체인 전동장치에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이완측 체인에서 처짐이 부족한 경우 빠른 마모가 진행된다.

② 긴장측은 위쪽에 위치하고, 이완측은 아래쪽에 위치한다.

③ 체인의 피치가 작으면 낮은 부하와 고속에 적합하다.

④ 양방향회전의 경우에는 긴장측과 이완측의 체인 안쪽에 아이들러를 각각 설치한다.

정답 4번

간단한 해설

양방향 회전에서는 회전 방향이 바뀔 때 긴장측과 이완측도 서로 바뀐다. 따라서 아이들러는 양쪽 체인의 **바깥쪽에 각각 설치**하여 처짐을 조절하고 스프로켓과의 감김각을 확보한다.

선지별 해설

① O: 이완측에도 적절한 처짐이 있어야 한다. 처짐이 부족하면 체인을 지나치게 팽팽하게 설치한 상태가 되어 **불필요한 장력이 증가**하고, 핀과 부시 등 접촉부의 마모가 빨라진다.

② O: 수평 체인 전동장치의 일반적인 권장 배치는 **위쪽을 긴장측, 아래쪽을 이완측**으로 두는 것이다. 동력을 전달하는 위쪽은 팽팽하게 유지하고, 장력이 작은 아래쪽은 자중에 따라 자연스럽게 처지도록 한다. 다만 양방향 회전에서는 회전 방향에 따라 두 측의 역할이 바뀐다.

③ O: 피치는 이웃한 핀 중심 사이의 거리이다. 일반적으로 피치가 작은 체인은 구성 부품이 작고 가벼워 큰 부하를 전달하는 능력은 작지만, 맞물릴 때의 충격이 작아 **낮은 부하와 고속 운전**에 적합하다. 같은 스프로켓 피치원 지름에서는 더 많은 이를 둘 수 있어 다각형 운동에 따른 속도 변동도 줄일 수 있다.

④ X: 양방향 회전에서는 긴장측과 이완측이 교대로 바뀌므로 양쪽 체인에 각각 아이들러가 필요하다. 설치 위치는 체인 **안쪽이 아니라 바깥쪽**이다. 바깥쪽에서 체인을 안쪽으로 눌러 처짐을 조절하면 스프로켓과의 감김각을 확보하는 데 유리하다. 따라서 '체인 안쪽에'를 '체인 바깥쪽에'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 18. 균일분포하중을 받는 축에서 양단의 경계조건이 단순지지일 경우 최대처짐각이 1도였다면, 경계조건이 고정/자유지지로 바뀔 경우 최대처짐각은?

① 1도

② 2도

③ 3도

④ 4도

정답 4번

간단한 해설

같은 균일분포하중과 축의 길이·굽힘강성에서 고정–자유 조건의 최대처짐각은 단순지지일 때의 **4배**이다.
따라서 최대처짐각은 1도에서 4도로 커진다.

계산 과정

조건과 기호: 지지 조건만 바뀌므로 균일분포하중의 크기 w, 축의 길이 L, 굽힘강성 EI는 같다. E는 탄성계수, I는 굽힘에 대한 단면2차모멘트이다. 축을 굽힘을 받는 보로 보고, EI가 일정한 선형탄성·작은 처짐 조건의 공식을 적용한다. 처짐각은 변형된 축선의 접선이 원래 축선과 이루는 각이며, 여기서는 그 크기를 비교한다.

단순지지: 양 끝은 처짐이 구속되지만 **회전은 허용**된다. 균일분포하중을 받으면 대칭인 중앙에서 처짐각이 0이고 양 끝에서 그 크기가 최대가 된다. 최대처짐각은 $\theta_s = \frac{wL^3}{24EI}$이며, 문제에서 이 값은 1도이다.

고정–자유: 한쪽 끝을 고정하고 다른 쪽 끝을 자유롭게 둔 외팔보 조건이다. 고정단에서는 처짐과 처짐각이 모두 0이며, 고정단에서 멀어질수록 굽힘에 따른 회전이 누적되어 **자유단에서 최대처짐각**이 나타난다. 그 크기는 $\theta_c = \frac{wL^3}{6EI}$이다.

비율과 결과: 두 식에서 w, L, E, I가 같으므로 $\frac{\theta_c}{\theta_s} = \frac{24}{6} = 4$이다. 공식으로 얻는 각의 단위는 라디안이지만, 두 각의 비율은 도 단위로 나타내도 같다. 따라서 1도 × 4 = 4도이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 다음은 유체 토크 컨버터(fluid torque converter)의 작동원리에 대한 설명이다. ㉠~㉢의 들어갈 말을 옳게 짝 지은 것은?

유체 토크 컨버터에서는 크랭크 축에 직결된 (㉠)의 회전에 의해 동력을 전달받은 작동 유체가 (㉡)을/를 회전시킨 다음 (㉢)를 통과한다.

① ㉠: 스테이터, ㉡: 펌프 임펠러, ㉢: 터빈 러너

② ㉠: 펌프 임펠러, ㉡: 터빈 러너, ㉢: 스테이터

③ ㉠: 펌프 임펠러, ㉡: 스테이터, ㉢: 터빈 러너

④ ㉠: 유체 클러치, ㉡: 커플링, ㉢: 펌프 임펠러

정답 2번

간단한 해설

크랭크 축의 회전을 받아 유체에 에너지를 주는 것은 **펌프 임펠러**이고, 그 유체의 힘으로 회전하는 것은 **터빈 러너**이다. 터빈을 지난 유체는 스테이터에서 흐름 방향이 바뀌어 펌프 쪽으로 되돌아간다.

빈칸별 해설

㉠ 펌프 임펠러: 크랭크 축에서 동력을 받는 **입력측 회전 요소**이다. 펌프 임펠러가 회전하면 그 날개가 작동 유체에 에너지를 주어 터빈 러너 쪽으로 흐르게 한다.

㉡ 터빈 러너: 펌프 임펠러에서 나온 유체의 힘을 받아 회전하는 **출력측 회전 요소**이다. 유체가 터빈 날개에 힘을 가하면서 터빈 러너를 회전시키고, 이 회전이 변속기 입력축으로 전달된다.

㉢ 스테이터: 터빈 러너를 지난 유체가 펌프 임펠러로 되돌아가기 전에 통과하는 안내 요소이다. **되돌아오는 유체의 흐름 방향을 바꾸는 역할**을 하므로, 유체의 힘을 받아 출력축을 돌리는 터빈 러너와 구별된다.

따라서 ㉠은 펌프 임펠러, ㉡은 터빈 러너, ㉢은 스테이터이며, 이 조합은 ②와 일치한다.

NoteBase

문 20. 금속재료의 기계적 성질 중 단위가 같은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 탄성계수(elastic modulus)
ㄴ. 항복강도(yield strength)
ㄷ. 인장강도(tensile strength)
ㄹ. 피로한도(fatigue limit)

① ㄴ, ㄷ
② ㄴ, ㄷ, ㄹ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

탄성계수는 응력을 변형률로 나눈 값인데, **변형률은 무차원**이므로 응력과 같은 단위를 갖는다.
항복강도·인장강도·피로한도도 모두 응력으로 나타내므로 단위는 **Pa(N/m^2)**로 같다.

보기별 해설

응력은 단위 면적당 힘으로, $\sigma = \frac{F}{A}$이다. 여기서 F는 힘, A는 단면적이며, 응력의 SI 단위는 Pa(N/m^2)이다.

ㄱ. 탄성계수: 선형 탄성 범위에서 응력과 변형률의 비인 $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$로 나타낸다. 변형률은 길이 변화량을 원래 길이로 나눈 **무차원량**이므로 탄성계수의 단위는 응력과 같은 Pa이다.

ㄴ. 항복강도: 재료에 영구적인 소성변형이 나타나기 시작하는 기준 응력이다. 힘 자체가 아니라 **단위 면적당 힘**으로 나타내므로 단위는 Pa이다.

ㄷ. 인장강도: 인장시험에서 최대 인장하중을 시험편의 원래 단면적으로 나눈 값이다. **최대 하중을 단면적으로 나눈 응력**이므로 단위는 Pa이다.

ㄹ. 피로한도: 반복하중을 받아도 피로파괴가 일어나지 않는 한계 응력이다. 반복 횟수나 시간이 아니라 **응력의 한계값**이므로 단위는 Pa이다.

ㄱ·ㄴ·ㄷ·ㄹ은 모두 응력과 같은 단위를 가지므로, 네 항목을 모두 포함한 ④에 해당한다.

NoteBase