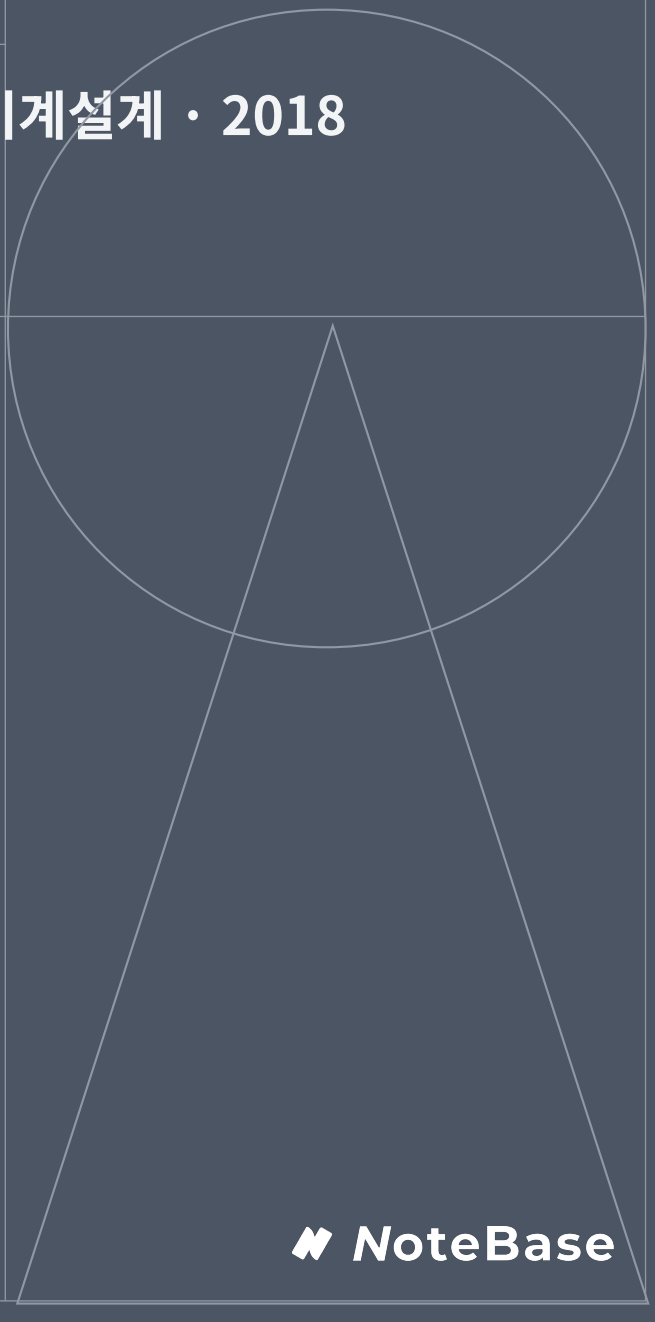
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 기계설계 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 기계설계 · 2018

공무원/지방직/9급 경력 · 기계설계 · 2018

문 1. 볼베어링을 롤러베어링과 비교한 것으로 옳은 것은?

① 볼베어링은 롤러베어링보다 고속회전에 적합하다.
② 볼베어링은 롤러베어링보다 대하중에 사용된다.
③ 볼베어링은 롤러베어링보다 마찰이 크다.
④ 볼베어링은 롤러베어링보다 내충격력이 크다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 볼베어링과 롤러베어링의 접촉 방식에 따른 회전 속도, 하중 용량, 마찰 및 충격 하중 지지 능력의 차이를 묻는 문제이다.

핵심 개념

볼베어링: 볼과 궤도륜이 점접촉하는 구름베어링이다. 접촉 면적이 작아 마찰이 비교적 작고 고속 회전에 적합하지만, 큰 하중과 충격 하중을 지지하는 능력은 롤러베어링보다 작다.
롤러베어링: 롤러와 궤도륜이 선접촉하는 구름베어링이다. 접촉 면적이 커서 큰 하중과 충격 하중을 지지하는 데 유리하지만, 볼베어링보다 고속 회전에는 불리하다.
핵심 대비는 볼베어링은 점접촉·고속 회전, 롤러베어링은 선접촉·대하중이다.

선지별 해설

① O — 볼베어링은 점접촉으로 마찰과 발열이 비교적 작으므로 롤러베어링보다 고속 회전에 적합하다.
② X — 틀린 표현은 '롤러베어링보다 대하중에 사용된다'이다. 대하중에는 선접촉으로 하중 지지 능력이 큰 롤러베어링이 볼베어링보다 유리하다.
③ X — 틀린 표현은 '롤러베어링보다 마찰이 크다'이다. 볼베어링은 점접촉이므로 일반적으로 롤러베어링보다 마찰이 작다.
④ X — 틀린 표현은 '롤러베어링보다 내충격력이 크다'이다. 충격 하중을 지지하는 능력은 접촉 면적이 큰 롤러베어링이 볼베어링보다 크다.

NoteBase

오답 포인트

‘구름베어링은 모두 마찰이 작다’는 공통점만 떠올리면 볼과 롤러의 차이를 놓치기 쉽다. 이 문항의 함정은 롤러베어링의 대하중·내충격 특성을 ②와 ④에서 볼베어링의 특성처럼 바꾸고, ③에서는 마찰의 대소를 반대로 제시한 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 구름 요소의 접촉 방식을 구분한다. 점접촉인 볼베어링은 마찰이 작아 고속 회전에 유리하고, 선접촉인 롤러베어링은 하중이 넓게 분산되어 대하중과 충격 하중에 유리하다고 판단한다.

암기 포인트

볼은 점접촉·고속, 롤러는 선접촉·대하중·내충격이다.

NoteBase

문 2. 기준치수에 대한 구멍의 공차는 $\varnothing 25^{+0}_{-0.010}$ mm이고, 축의 공차가 $\varnothing 25^{+0.009}_{-0.004}$ mm일 때, 틈새[mm] 및 죔새[mm]에 대한 값으로 옳은 것은?

① 최대 죔새: 0.019, 최대 틈새: 0.004
② 최대 죔새: 0.014, 최소 죔새: 0.009
③ 최대 틈새: 0.014, 최소 죔새: 0.009
④ 최대 죔새: 0.019, 최소 죔새: 0.004

정답 1번

출제 포인트

구멍과 축의 최대·최소 허용치수를 조합하여 최대 틈새와 최대 죔새를 구하는 문제이다.

조건 정리

기준치수: $25mm$
구멍의 최대 허용치수: $25 + 0 = 25.000mm$
구멍의 최소 허용치수: $25 - 0.010 = 24.990mm$
축의 최대 허용치수: $25 + 0.009 = 25.009mm$
축의 최소 허용치수: $25 - 0.004 = 24.996mm$
구멍이 축보다 클 때는 틈새, 축이 구멍보다 클 때는 죔새가 생긴다.

사용할 공식

최대 틈새=구멍의 최대 허용치수-축의 최소 허용치수
최대 죔새=축의 최대 허용치수-구멍의 최소 허용치수
최대 틈새는 구멍이 가장 크고 축이 가장 작을 때, 최대 죔새는 축이 가장 크고 구멍이 가장 작을 때 생기므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 최대 틈새는 $25.000 - 24.996 = 0.004mm$이다.
2. 최대 죔새는 $25.009 - 24.990 = 0.019mm$이다.
3. 틈새와 죔새가 모두 가능하므로 이 끼워맞춤은 중간 끼워맞춤이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 최대 죔새 0.019*mm*, 최대 틈새 0.004*mm*로 계산 결과와 일치한다.
② X — '최대 죔새 0.014*mm*, 최소 죔새 0.009*mm*'가 틀렸다. 올바르게는 최대 죔새 0.019*mm*, 최대 틈새 0.004*mm*이다.
③ X — '최대 틈새 0.014*mm*, 최소 죔새 0.009*mm*'가 틀렸다. 올바르게는 최대 틈새 0.004*mm*, 최대 죔새 0.019*mm*이다.
④ X — 최대 죔새 0.019*mm*는 맞지만 '최소 죔새 0.004*mm*'가 틀렸다. 0.004*mm*는 구멍이 최대이고 축이 최소일 때의 최대 틈새이다.

오답 포인트

편차끼리 단순히 더하거나 빼면 극한 상태를 잘못 조합하기 쉽다. 특히 ④는 수치 0.004*mm*는 맞지만 이를 '최소 죔새'라고 부른 점이 함정이다. 이 값은 최대 틈새이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 구멍과 축의 최대·최소 허용치수를 각각 구한 뒤, '큰 구멍-작은 축'으로 최대 틈새를 계산하고 '큰 축-작은 구멍'으로 최대 죔새를 계산한다.

암기 포인트

최대 틈새는 큰 구멍-작은 축, 최대 죔새는 큰 축-작은 구멍이다.

NoteBase

문 3. 전위 기어의 사용 목적으로 옳지 않은 것은?

① 이의 강도를 높일 수 있다.

② 언더컷(undercut)을 방지할 수 있다.

③ 호환성을 좋게 할 수 있다.

④ 기어 사이의 중심 거리를 자유로이 조절할 수 있다.

정답 3번

출제 포인트

전위 기어를 사용하는 목적과 표준 기어의 호환성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

전위 기어는 기어를 절삭할 때 공구를 표준 위치에서 반지름 방향으로 이동시켜 만든 기어이다. 적절한 전위는 치근 두께와 이의 굽힘 강도를 높이고, 잇수가 적은 기어의 언더컷을 방지하며, 한 쌍의 기어에서 전위량을 조합하여 중심거리를 조정하는 데 이용된다. 반면 호환성은 같은 규격의 기어를 서로 바꾸어 사용할 수 있는 성질로서, 전위 기어 사용의 목적이 아니다.

선지별 해설

① O — 양의 전위를 주면 일반적으로 치근 두께가 증가하여 이의 굽힘 강도를 높일 수 있으므로 전위 기어의 사용 목적에 해당한다.
② O — 잇수가 적은 기어를 표준 절삭하면 치근 부근이 과도하게 깎이는 언더컷이 생길 수 있는데, 양의 전위는 이를 방지할 수 있으므로 사용 목적에 해당한다.
③ X — 틀린 표현은 '호환성을 좋게 할 수 있다'이다. 전위 기어는 전위계수에 따라 치형 관련 치수와 물림 조건이 달라지므로 호환성을 높이기 위해 사용하는 것이 아니다. 올바르게는 '치근 강도 향상, 언더컷 방지, 중심거리 조정 등을 위해 사용한다'이다.
④ O — 맞물리는 두 기어의 전위량을 적절히 정하면 요구되는 중심거리에 맞도록 조정할 수 있으므로 전위 기어의 사용 목적에 해당한다. 다만 실제 설계에서는 물림률과 간섭 등의 조건을 함께 만족해야 한다.

오답 포인트

표준 인벌류트 기어의 장점인 호환성을 전위 기어의 사용 목적으로 혼동하기 쉽다. ③의 '호환성'은 전위의 대표 목적이 아니며, 전위의 핵심 목적은 강도 향상·언더컷 방지·중심거리 조정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전위 기어의 목적을 묻는 문항에서는 치근 강도, 언더컷, 중심거리라는 세 키워드를 먼저 확인한다. 호환성 향상은 이 세 목적에 포함되지 않으므로 틀린 설명으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

전위 기어는 강도 향상, 언더컷 방지, 중심거리 조정이며 호환성 향상이 아니다.

NoteBase

문 4. 동력 전달이 가능한 축 체결요소로 옳지 않은 것은?

① 스냅링
② 핀
③ 스플라인
④ 키

정답 1번

출제 포인트

축과 회전체를 결합하는 요소 중 회전력과 동력을 전달하는 요소와 축방향 이탈만 방지하는 요소를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

키·스플라인·핀은 축과 결합 부품 사이의 상대 회전을 막아 토크를 전달할 수 있다. 스냅링은 축이나 구멍의 홈에 끼워 부품의 축방향 이동과 이탈을 막는 멈춤용 요소이며, 일반적인 동력 전달용 축 체결요소가 아니다.

선지별 해설

① X — 스냅링은 홈에 끼워 부품의 축방향 위치를 유지하고 이탈을 방지하는 요소이므로 동력 전달용 축 체결요소가 아니다. 틀린 표현은 스냅링을 '동력 전달이 가능한 요소'로 본 부분이며, 올바르게는 '축방향 이탈 방지용 요소'이다.
② O — 핀은 축과 결합 부품을 함께 관통하여 상대 회전을 억제하며, 핀에 작용하는 전단력으로 제한된 크기의 토크를 전달할 수 있다.
③ O — 스플라인은 축 둘레의 여러 개 이와 홈이 맞물려 하중을 분산하므로 비교적 큰 토크를 전달할 수 있다.
④ O — 키는 축과 허브의 키홈에 끼워 두 부품의 상대 회전을 막고 전단 및 면압으로 토크를 전달한다.

오답 포인트

스냅링도 축에 설치되는 기계요소라는 점 때문에 동력 전달 요소로 착각하기 쉽다. 설치 위치가 아니라 기능을 보아야 하며, 스냅링의 핵심 기능은 회전력 전달이 아니라 축방향 이탈 방지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

축과 허브의 상대 회전을 막아 토크를 넘기면 동력 전달 요소이고, 홈에 끼워 부품이 축방향으로 빠지는 것만 막으면 고정·이탈 방지 요소로 판단한다.

암기 포인트

키·스플라인·핀은 토크 전달, 스냅링은 축방향 이탈 방지이다.

NoteBase

문 5. 기어에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 모듈은 기어 피치원의 지름을 잇수로 나눈 값이다.

② 인벌류트 치형의 기어가 호환이 되려면 압력각과 모듈이 같아야 한다.

③ 평기어에서 압력각이 작을 때 이의 간섭이 발생한다.

④ 평기어의 면압강도를 계산할 때 사용하는 접촉면 응력계수는 속도에 의해서 결정된다.

정답 4번

출제 포인트

기어의 모듈 정의, 인벌류트 기어의 호환 조건, 압력각과 간섭의 관계, 면압강도 계산계수의 결정 요인을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

모듈은 피치원의 지름을 잇수로 나눈 값으로, $m = d/z$이다. 표준 인벌류트 기어가 서로 맞물리려면 모듈과 압력각이 같아야 한다. 압력각이 작아지면 간섭이 생기기 쉬워진다. 면압강도 계산에서 접촉면 응력계수는 재료의 탄성적 성질과 관련되고, 회전속도의 영향은 별도의 속도계수로 반영한다.

선지별 해설

① O — 모듈은 피치원 지름을 잇수로 나눈 값이다. 즉, $m = d/z$이므로 옳다.
② O — 표준 인벌류트 치형의 기어가 호환되어 정상적으로 맞물리려면 압력각과 모듈이 같아야 하므로 옳다.
③ O — 압력각이 작으면 간섭을 피하는 데 필요한 최소 잇수가 커지므로, 잇수가 적은 평기어에서는 간섭이 발생하기 쉬워진다. 따라서 옳다.
④ X — 틀린 표현은 '접촉면 응력계수는 속도에 의해서 결정된다'이다. 접촉면 응력계수는 기어 재료의 탄성계수와 포아송비 등 재료의 탄성적 성질에 따라 정해지며, 속도의 영향은 속도계수로 반영한다.

오답 포인트

④는 면압강도 계산에 여러 보정계수가 함께 쓰인다는 점을 이용해 접촉면 응력계수와 속도계수를 바꾸어 놓았다. '속도에 의해 결정'이라는 표현은 접촉면 응력계수가 아니라 속도계수에 해당한다.

다시 나오면 이렇게 판단

기어 계수의 명칭과 결정 요인을 짝지어 판단한다. 재료의 탄성적 성질은 접촉면 응력계수, 피치원 속도는 속도계수와 연결한다. 또한 인벌류트 기어의 호환 조건은 모듈과 압력각의 일치로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

모듈은 지름÷잇수, 호환은 모듈·압력각 일치, 속도 영향은 속도계수이다.

NoteBase

문 6. 평벨트 전동장치와 비교한 V벨트 전동장치의 특징으로 옳지 않은 것은?

① 미끄럼이 적기 때문에 보다 정확한 회전비로 큰 동력을 전달할 수 있다.
② 바로 걸기로만 사용한다.
③ 초기장력이 커서 베어링 하중이 더 증대된다.
④ 쐐기효과로 전동능력이 더 크다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 평벨트 전동장치와 비교한 V벨트 전동장치의 미끄럼, 전동능력, 초기장력 및 베어링 하중의 차이를 묻는 문제이다.

핵심 개념

평벨트 전동장치는 평평한 벨트와 풀리 표면 사이의 마찰로 동력을 전달하는 장치이다.
V벨트 전동장치는 사다리꼴 단면의 벨트가 풀리의 V홈에 끼워질 때 생기는 쐐기효과로 마찰력을 크게 하여 동력을 전달하는 장치이다.
V벨트는 평벨트보다 미끄럼이 적고 전동능력이 크며, 같은 동력을 전달하는 데 필요한 초기장력이 작아 축과 베어링에 작용하는 하중도 작아진다.

선지별 해설

① O — V벨트는 홈에서 생기는 쐐기효과로 평벨트보다 미끄럼이 적으므로 회전비가 더 정확하고 큰 동력을 전달할 수 있다.
② O — V벨트는 V홈에 정상적으로 맞물려야 하므로 바로 걸기 방식으로 사용한다. 엇걸기 방식은 벨트가 홈에 바르게 접촉하지 못하게 한다.
③ X — 틀린 표현은 '초기장력이 커서 베어링 하중이 더 증대된다'이다. 쐐기효과로 큰 마찰력을 얻으므로 평벨트보다 필요한 초기장력이 작고, 이에 따라 베어링 하중도 작아진다. 올바르게는 '초기장력이 작아 베어링 하중이 감소한다'이다.
④ O — V홈이 벨트를 양쪽에서 누르는 쐐기효과로 접촉 마찰력이 커지므로 평벨트보다 전동능력이 크다.

오답 포인트

③은 전동능력이 크다는 사실을 초기장력이 크다는 뜻으로 바꾸어 놓은 선지이다. V벨트의 큰 전동능력은 초기장력을 더 크게 해서가 아니라 V홈의 쐐기효과로 마찰력을 증대해서 얻는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

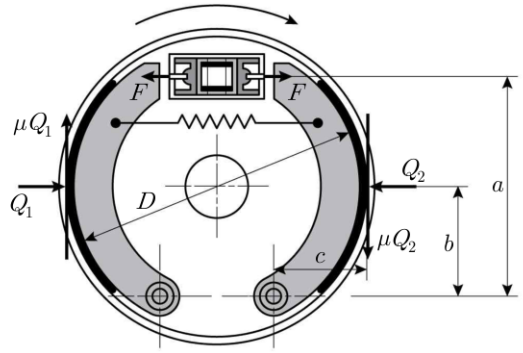
평벨트와 V벨트를 비교할 때는 먼저 V홈의 쐐기효과를 기준으로 판단한다. 쐐기효과가 있으면 미끄럼은 감소하고 전동능력은 증가하며, 같은 동력을 기준으로 필요한 초기장력과 베어링 하중은 감소한다.

암기 포인트

V홈의 쐐기효과: 미끄럼 감소·전동능력 증가·초기장력 감소·베어링 하중 감소이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 내부 확장식 브레이크에서 브레이크 슈를 미는 힘은 좌우가 F로 같다. 드럼이 우회전하는 경우 제동토크는? (단, 마찰계수는 μ이다)



① $\frac{DF}{4}\left(\frac{\mu a}{b+\mu c}-\frac{\mu a}{b-\mu c}\right)$

② $\frac{DF}{4}\left(\frac{\mu a}{b+\mu c}+\frac{\mu a}{b-\mu c}\right)$

③ $\frac{DF}{2}\left(\frac{\mu a}{b+\mu c}-\frac{\mu a}{b-\mu c}\right)$

④ $\frac{DF}{2}\left(\frac{\mu a}{b+\mu c}+\frac{\mu a}{b-\mu c}\right)$

정답 4번

출제 포인트

드럼의 회전 방향에 따른 마찰력의 방향을 정하고, 각 브레이크 슈의 지지점을 기준으로 모멘트 평형을 세운 뒤 두 슈의 마찰 토크를 합하는 문제이다.

조건 정리

드럼은 시계 방향으로 회전하므로 드럼이 슈에 가하는 마찰력은 좌측 슈에서 위쪽, 우측 슈에서 아래쪽이다. 각 슈의 작동력은 F, 법선력은 각각 Q_1, Q_2이다. 지지점에서 작동력 작용선까지의 수직거리는 a, 법선력 작용선까지의 수직거리는 b, 마찰력 작용선까지의 수평거리는 c이며, 드럼 반지름은 $D/2$이다.

사용할 공식

각 슈에 대해 지지점 주위의 모멘트 평형 $\sum M = 0$을 적용하고, 제동 토크는 T=(접선 마찰력)×(드럼 반지름)으로 구한다. 좌우 슈의 마찰력은 모두 드럼의 회전을 방해하므로 두 토크의 크기를 더한다.

NoteBase

계산 과정

1. 좌측 슈의 모멘트 평형은 $Fa = Q_1 b + \mu Q_1 c$이므로 $Q_1 = Fa/(b + \mu c)$이다.
2. 우측 슈에서는 마찰력의 모멘트 방향이 반대이므로 $Fa + \mu Q_2 c = Q_2 b$이고, 따라서 $Q_2 = Fa/(b - \mu c)$이다.
3. 두 슈가 만드는 제동 토크의 크기는 다음과 같다.

$T = \mu Q_1 \frac{D}{2} + \mu Q_2 \frac{D}{2} = \frac{DF}{2}\left(\frac{\mu a}{b+\mu c} + \frac{\mu a}{b-\mu c}\right)$

따라서 제동 토크는 ④의 식과 같다.

선지 판단

① X — 계수 $DF/4$와 두 항 사이의 뺄셈이 모두 잘못되었다. 올바르게는 $DF/2$를 곱하고 두 슈의 제동 토크를 더한 $\frac{DF}{2}(\frac{\mu a}{b+\mu c} + \frac{\mu a}{b-\mu c})$이다.
② X — 두 항을 더한 것은 맞지만 드럼 반지름이 $D/2$이므로 계수는 $DF/4$가 아니라 $DF/2$이다. 올바른 식은 $\frac{DF}{2}(\frac{\mu a}{b+\mu c} + \frac{\mu a}{b-\mu c})$이다.
③ X — 계수 $DF/2$는 맞지만 좌우 마찰 토크는 모두 회전을 방해하므로 빼면 안 된다. 뺄셈을 덧셈으로 고친 $\frac{DF}{2}(\frac{\mu a}{b+\mu c} + \frac{\mu a}{b-\mu c})$가 옳다.
④ O — 좌우 법선력 $Q_1 = Fa/(b + \mu c)$, $Q_2 = Fa/(b - \mu c)$를 $T = \mu(Q_1 + Q_2)D/2$에 대입한 결과와 일치한다.

오답 포인트

모멘트 평형식에서는 좌우 마찰력의 방향 차이 때문에 분모가 각각 $b + \mu c$, $b - \mu c$로 달라진다. 그러나 최종 제동 토크를 구할 때는 두 마찰력이 모두 드럼의 시계 방향 회전을 방해하므로 토크의 크기를 더해야 한다. 또한 D는 반지름이 아니라 지름이므로 토크 계산의 지레팔은 $D/2$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

내부 확장식 브레이크는 먼저 드럼 회전 방향에서 각 슈의 마찰력 방향을 정하고, 각 지지점에 대한 모멘트 평형으로 Q_1, Q_2를 각각 구한 다음, 드럼 중심에 대한 제동 토크 $\mu(Q_1 + Q_2)D/2$를 계산한다.

암기 포인트

슈의 평형식에서는 마찰 모멘트 때문에 $b \pm \mu c$가 갈리지만, 최종 제동 토크에서는 좌우 슈의 마찰 토크를 더한다. 지름이 D이면 토크 팔길이는 $D/2$이다.

NoteBase

문 8. 피니언과 기어의 각속도비가 0.5이고, 잇수의 합이 72개인 표준 기어에서 모듈이 5 mm일 때, 기어 사이의 중심거리[mm]는?

① 120
② 140
③ 160
④ 180

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 표준 외접 평기어 한 쌍의 중심거리 공식을 이용해 기어 사이의 중심거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 모듈 $m = 5mm$, 두 기어의 잇수 합 $z_1 + z_2 = 72$
구해야 할 값: 두 기어 축 사이의 중심거리 a
주의할 조건: 각속도비는 두 기어의 잇수 배분을 정하는 데는 필요하지만, 잇수의 합이 이미 주어졌으므로 중심거리 계산에는 필요하지 않다.

사용할 공식

표준기어의 피치원 지름은 $d = mz$이고, 외접하는 두 기어의 중심거리는 두 피치원 반지름의 합이다.
$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$
모듈과 두 기어의 잇수 합이 주어졌으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 두 기어의 피치원 지름의 합을 구한다.
$d_1 + d_2 = m(z_1 + z_2) = 5 \times 72 = 360mm$
2. 중심거리는 두 피치원 지름 합의 절반이다.
$a = \frac{360}{2} = 180mm$

선지 판단

① X — 120mm는 계산 결과 180mm와 일치하지 않는다. '중심거리는 120mm이다'가 아니라 '중심거리는 180mm이다'가 옳다.
② X — 140mm는 $a = m(z_1 + z_2)/2$에 대입한 값이 아니다. '중심거리는 140mm이다'가 아니라 '중심거리는 180mm이다'가 옳다.
③ X — 160mm는 두 피치원 반지름의 합과 일치하지 않는다. '중심거리는 160mm이다'가 아니라 '중심거리는 180mm이다'가 옳다.
④ O — $a = 5 \times 72/2 = 180mm$이므로 계산 결과와 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

각속도비 0.5를 반드시 사용해야 한다고 생각해 불필요하게 각 기어의 잇수를 따로 구하는 것이 함정이다. 또한 $m(z_1 + z_2) = 360mm$는 피치원 지름의 합이므로, 중심거리를 구할 때 반드시 2로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

표준 외접기어의 중심거리 문제에서는 먼저 $a = m(z_1 + z_2)/2$를 적용한다. 잇수의 합이 주어졌다면 속도비로 각 잇수를 따로 구하지 않고, 마지막에 길이 단위와 2로 나누었는지를 검산한다.

암기 포인트

표준 외접기어의 중심거리는 '모듈 × 잇수의 합 ÷ 2'이다.

NoteBase

문 9. 지름이 10 mm인 원형 단면 봉이 인장하중 0.2 kN과 비틀림 모멘트 500 N · mm를 동시에 받는 경우, 최대 전단응력[N/mm^2]은?

① $\frac{2\sqrt{5}}{\pi}$ ② $\frac{4\sqrt{5}}{\pi}$

③ $\frac{8\sqrt{5}}{\pi}$ ④ $\frac{16\sqrt{5}}{\pi}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 원형 단면 봉에 인장하중과 비틀림 모멘트가 동시에 작용할 때, 축방향 수직응력과 비틀림 전단응력을 조합하여 최대 전단응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

지름: $d = 10\text{mm}$

인장하중: $P = 0.2\text{kN} = 200\text{N}$

비틀림 모멘트: $T = 500\text{N} \cdot \text{mm}$

구해야 할 값: 봉 표면에서의 최대 전단응력 τ_{max}

사용할 공식

원형 단면의 축방향 수직응력은 $\sigma = P/A = 4P/(\pi d^2)$이고, 표면의 비틀림 전단응력은 $\tau = Tc/J = 16T/(\pi d^3)$이다.

수직응력 σ와 전단응력 τ가 함께 작용하는 평면응력 상태이므로 모어원의 반지름에 해당하는 $\tau_{max} = \sqrt{(\sigma/2)^2 + \tau^2}$를 사용한다.

계산 과정

1. 축방향 수직응력을 구하면

$\sigma = \frac{4P}{\pi d^2} = \frac{4(200)}{\pi(10)^2} = \frac{8}{\pi}\text{N/mm}^2$

2. 봉 표면의 비틀림 전단응력을 구하면

$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(500)}{\pi(10)^3} = \frac{8}{\pi}\text{N/mm}^2$

3. 두 응력을 조합하면

$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{8}{\pi}\right)^2} = \frac{4\sqrt{5}}{\pi}\text{N/mm}^2$

NoteBase

선지 판단

① X — $2\sqrt{5}/\pi \mathrm{N/mm^2}$는 계산 결과의 절반이므로 틀리다. 올바른 값은 $4\sqrt{5}/\pi \mathrm{N/mm^2}$이다.
② O — 축응력과 비틀림 전단응력을 모어원의 반지름 공식으로 조합한 값이 $4\sqrt{5}/\pi \mathrm{N/mm^2}$이므로 맞다.
③ X — $8\sqrt{5}/\pi \mathrm{N/mm^2}$는 계산 결과의 두 배이므로 틀리다. 올바른 값은 $4\sqrt{5}/\pi \mathrm{N/mm^2}$이다.
④ X — $16\sqrt{5}/\pi \mathrm{N/mm^2}$는 계산 결과의 네 배이므로 틀리다. 올바른 값은 $4\sqrt{5}/\pi \mathrm{N/mm^2}$이다.

오답 포인트

인장하중으로 생기는 수직응력과 비틀림으로 생기는 전단응력을 단순히 더하면 안 된다. 최대 전단응력은 모어원의 반지름이므로 수직응력에는 $\sigma/2$를 적용하고, $0.2\mathrm{kN} = 200\mathrm{N}$의 단위 변환도 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

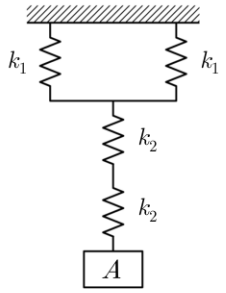
인장과 비틀림의 조합 문제에서는 먼저 $\sigma = 4P/(\pi d^2)$와 $\tau = 16T/(\pi d^3)$를 각각 구한 뒤, $\tau_{\max} = \sqrt{(\sigma/2)^2 + \tau^2}$에 대입하여 판단한다.

암기 포인트

인장과 비틀림이 동시에 작용하면 최대 전단응력은 $\sqrt{(\sigma/2)^2 + \tau^2}$이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 선형 스프링 장치에 물체 A를 연결하여 처짐량이 42 mm일 때, 물체 A의 무게[N]는? (단, 스프링 상수는 $k_1 = 4\,\mathrm{N/mm}$, $k_2 = 5\,\mathrm{N/mm}$이고, 스프링의 자중은 무시한다)



① 78
② 80
③ 82
④ 84

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬 연결과 직렬 연결이 함께 있는 스프링 장치의 등가 스프링 상수를 구한 뒤, $W = k_{eq}\delta$를 이용해 물체의 무게를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $k_1 = 4N/mm$, $k_2 = 5N/mm$, 전체 처짐량 $\delta = 42mm$이다.
구해야 할 값: 물체 A의 무게 W이다.
주의할 조건: 위쪽의 k_1 스프링 두 개는 병렬이고, 아래쪽의 k_2 스프링 두 개는 직렬이다. 위쪽 병렬 묶음과 아래쪽 직렬 묶음은 서로 직렬로 연결된다.

사용할 공식

병렬 스프링은 $k_p = k_a + k_b$, 직렬 스프링은 $1/k_s = 1/k_a + 1/k_b$를 사용한다. 전체 장치의 등가 스프링 상수를 구한 뒤 $W = k_{eq}\delta$를 적용한다. 각 묶음의 연결 형태에 따라 변형량과 힘의 관계가 달라지므로 병렬과 직렬의 공식을 차례로 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 위쪽 k_1 두 개의 병렬 등가값은 $k_p = 4 + 4 = 8N/mm$이다.
2. 아래쪽 k_2 두 개의 직렬 등가값은 $1/k_s = 1/5 + 1/5 = 2/5$이므로 $k_s = 5/2N/mm$이다.
3. k_p와 k_s가 직렬이므로
$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{5/2} = \frac{1}{8} + \frac{2}{5} = \frac{21}{40}$
따라서 $k_{eq} = 40/21N/mm$이다.
4. 스프링의 자중을 무시하면 물체의 무게가 장치에 작용하는 힘이므로
$W = k_{eq}\delta = \frac{40}{21} \times 42 = 80N$
이다.

선지 판단

① X — $78N$은 계산 결과 $80N$과 일치하지 않는다. 틀린 값 $78N$은 올바르게는 $80N$이다.
② O — 전체 등가 스프링 상수 $40/21N/mm$에 처짐량 $42mm$를 곱하면 $80N$이므로 맞다.
③ X — $82N$은 계산 결과 $80N$과 일치하지 않는다. 틀린 값 $82N$은 올바르게는 $80N$이다.
④ X — $84N$은 계산 결과 $80N$과 일치하지 않는다. 틀린 값 $84N$은 올바르게는 $80N$이다.

오답 포인트

위쪽 k_1 두 개와 아래쪽 k_2 두 개를 모두 같은 연결 방식으로 처리하면 틀린다. 먼저 각 부분의 연결을 따로 단순화한 뒤, 위쪽 등가 스프링과 아래쪽 등가 스프링이 직렬이라는 점을 반영해야 한다. 또한 N/mm와 mm를 곱하면 N이 되어 별도의 단위 환산은 필요하지 않다.

다시 나오면 이렇게 판단

복합 스프링 문제는 같은 두 절점에 연결된 스프링을 병렬로, 힘이 차례로 전달되는 스프링을 직렬로 판별한다. 부분별 등가 스프링 상수를 먼저 구하고, 전체 등가값과 총변형량을 $F = k_{eq}\delta$에 대입한 뒤 단위를 검산한다.

암기 포인트

병렬은 스프링 상수를 더하고, 직렬은 스프링 상수의 역수를 더한다. 이 장치는 ($k_1 + k_1$)과 (k_2 두 개의 직렬 등가값)이 다시 직렬로 연결된 구조이다.

NoteBase

문 11. 마찰 전동장치에서 지름이 500 mm인 원동차가 700 rpm으로 회전하면서 지름이 200 mm인 종동차에 회전력을 전달할 때, 종동차의 최대 회전 토크[N · cm]는? (단, 마찰계수는 0.2, 두 마찰차 사이에 누르는 힘은 50 N이다)

① 10 ② 20
③ 100 ④ 200

정답 3번

출제 포인트

마찰 전동장치에서 전달 가능한 최대 마찰력을 구한 뒤, 그 힘이 종동차 반지름에 만드는 최대 회전 토크를 계산하는 문제이다.

조건 정리

마찰계수: $\mu = 0.2$
두 마찰차 사이에 누르는 힘: $N = 50N$
종동차 지름: $d_2 = 200mm = 20cm$
종동차 반지름: $r_2 = d_2/2 = 10cm$
구해야 할 값: 종동차의 최대 회전 토크 $T_{2,\max}$
주의할 조건: 토크 계산에는 종동차의 지름이 아니라 반지름을 사용한다.

사용할 공식

최대 마찰력은
$F_{\max} = \mu N$
이고, 종동차의 최대 회전 토크는
$T_{2,\max} = F_{\max} r_2$
이다. 두 마찰차의 접촉점에서 전달되는 접선력이 종동차 중심에서 반지름만큼 떨어져 작용하므로 이 토크 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 전달 가능한 최대 마찰력을 구한다.
$F_{\max} = 0.2 \times 50 = 10N$
2. 종동차의 반지름을 구한다.
$r_2 = 200/2 = 100mm = 10cm$
3. 최대 회전 토크를 계산한다.
$T_{2,\max} = 10N \times 10cm = 100N \cdot cm$
따라서 종동차의 최대 회전 토크는 $100N \cdot cm$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $10N \cdot cm$는 계산 결과와 다르다. 최대 마찰력의 수치 $10N$에 종동차 반지름 $10cm$를 곱해야 하므로 올바른 값은 $100N \cdot cm$이다.
② X — $20N \cdot cm$는 종동차 반지름을 적용한 토크가 아니다. $T = Fr = 10N \times 10cm$이므로 올바른 값은 $100N \cdot cm$이다.
③ O — 최대 마찰력 $10N$에 종동차 반지름 $10cm$를 곱하면 $100N \cdot cm$가 된다.
④ X — $200N \cdot cm$는 종동차 지름 $20cm$를 모멘트 팔로 사용하면 나오는 값이다. 토크에는 반지름 $10cm$를 사용하므로 올바른 값은 $100N \cdot cm$이다.

오답 포인트

④의 $200N \cdot cm$는 종동차의 지름 $20cm$를 그대로 곱하게 만드는 함정이다. 모멘트 팔은 지름의 절반인 반지름이다. 또한 원동차의 지름과 회전수는 속도비를 구할 때 필요한 값이며, 주어진 누르는 힘으로 종동차의 최대 토크를 구하는 계산에는 직접 사용하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

마찰 전동장치의 최대 토크는 먼저 $F_{max} = \mu N$으로 접선 마찰력을 구하고, 토크를 묻는 차의 반지름을 선택한 뒤 $T = Fr$을 적용하며 단위를 확인한다.

암기 포인트

마찰차 최대 토크는 '마찰계수 × 누르는 힘 × 해당 차의 반지름', 즉 $T_{max} = \mu N r$이다.

NoteBase

문 12. 안지름이 800 mm, 원통의 길이가 1,500 mm, 두께가 8 mm인 얇은 원통형 압력 용기에 사용 압력이 4 N/mm^{2}인 LNG가스가 들어 있다. 압력 용기에 생기는 최대 응력[N/mm^2]은?

① 50 ② 100

③ 150 ④ 200

정답 4번

출제 포인트

얇은 원통형 압력용기에 생기는 원주응력과 축응력을 구분하고, 그중 큰 원주응력을 최대응력으로 판단하는 문제이다.

조건 정리

안지름: $d = 800mm$

두께: $t = 8mm$

내압: $p = 4N/mm^2$

구해야 할 값: 압력용기에 생기는 최대응력

원통의 길이 $1{,}500mm$는 원주응력과 축응력을 구하는 데 사용하지 않는다.

사용할 공식

얇은 원통의 원주응력은

$\sigma_h = \frac{pd}{2t}$

이고, 축응력은

$\sigma_l = \frac{pd}{4t}$

이다. 내압을 받는 얇은 원통에서는 원주응력이 축응력의 2배이므로 원주응력이 최대응력이 된다.

계산 과정

1. 원주응력을 계산한다.

$\sigma_h = \frac{4 \times 800}{2 \times 8} = 200N/mm^2$

2. 축응력을 계산한다.

$\sigma_l = \frac{4 \times 800}{4 \times 8} = 100N/mm^2$

3. 두 응력을 비교하면 $200 > 100$이므로 최대응력은 $200N/mm^2$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $50N/mm^2$은 원주응력 공식에 주어진 값을 대입한 결과가 아니다. 틀린 값 $50N/mm^2$ → 올바른 최대응력은 $200N/mm^2$이다.
② X — $100N/mm^2$은 $pd/(4t)$로 구한 축응력이며 최대응력이 아니다. 틀린 값 $100N/mm^2$ → 올바른 최대응력인 원주응력은 $200N/mm^2$이다.
③ X — $150N/mm^2$은 원주응력 $pd/(2t)$ 또는 축응력 $pd/(4t)$을 적용한 값이 아니다. 틀린 값 $150N/mm^2$ → 올바른 최대응력은 $200N/mm^2$이다.
④ O — 원주응력은 $pd/(2t) = 200N/mm^2$이고 축응력보다 크므로 최대응력과 일치한다.

오답 포인트

②의 $100N/mm^2$은 축응력의 정확한 계산값이어서 가장 주의해야 하는 함정이다. 문제는 축응력이 아니라 최대응력을 묻고 있으므로 원주응력과 축응력을 모두 비교해야 한다. 또한 지름을 반지름으로 바꾸거나 원통 길이를 공식에 넣지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

얇은 원통형 압력용기의 최대응력을 물으면 먼저 원주응력 $pd/(2t)$과 축응력 $pd/(4t)$을 구분한다. 같은 조건에서는 원주응력이 축응력의 2배이므로 원주응력을 최대응력으로 선택한다.

암기 포인트

얇은 원통은 원주응력 $pd/(2t)$, 축응력 $pd/(4t)$, 최대응력은 원주응력이다.

NoteBase

문 13. 길이 2 m인 강봉을 20 ℃에서 양단 고정하고 온도를 균일하게 220 ℃로 올렸다. 강봉의 세로탄성계수가 200 GPa, 선팽창계수가 1×10^{-6}/℃일 때, 강봉에 발생하는 열응력[MPa]은?

① 1 ② 40

③ 44 ④ 80

정답 2번

출제 포인트

양단이 고정된 부재가 균일하게 가열될 때 자유 열팽창이 구속되어 생기는 열응력의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 탄성계수 $E = 200\text{GPa} = 200{,}000\text{MPa}$, 선팽창계수 $\alpha = 1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, 온도 변화 $\Delta T = 220 - 20 = 200^\circ\text{C}$이다.

구해야 할 값: 강봉에 발생하는 열응력의 크기이다.

주의할 조건: 양단이 고정되어 자유 팽창이 완전히 구속되므로 압축 열응력이 발생한다. 강봉의 길이 2m는 완전 구속 열응력의 크기에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

완전 구속된 부재의 열응력은

$\sigma = E\alpha\Delta T$

로 구한다. 자유 열변형률 $\alpha\Delta T$만큼 늘어나려는 변형이 양단 고정으로 억제되고, 그 변형률에 탄성계수 E를 곱한 크기의 압축응력이 생기기 때문이다.

계산 과정

1. 온도 변화를 구하면 $\Delta T = 220 - 20 = 200^\circ\text{C}$이다.
2. 탄성계수를 응력 단위에 맞추면 $200\text{GPa} = 200{,}000\text{MPa}$이다.
3. 공식에 대입하면

$\sigma = (200{,}000\text{MPa})(1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C})(200^\circ\text{C}) = 40\text{MPa}$

이다. 따라서 열응력은 크기 40MPa의 압축응력이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 계산 결과는 1MPa가 아니라 40MPa이다. 온도 변화와 탄성계수를 모두 곱해 열응력을 계산해야 한다.
② O — $E\alpha\Delta T = 40\text{MPa}$이므로 옳다.
③ X — 44MPa가 아니라 40MPa이다. 44MPa는 온도 변화 200 ° C 대신 최종 온도 220 ° C를 그대로 대입한 값이다.
④ X — 80MPa가 아니라 40MPa이다. 양단이 고정되었다고 응력을 두 배로 계산하지 않으며, 완전 구속 열응력은 한 번만 $E\alpha\Delta T$로 계산한다.

오답 포인트

최종 온도 220 ° C를 온도 변화로 착각하면 ③의 44MPa가 나온다. 또한 양단 고정을 두 개의 구속력으로 보아 결과를 두 배로 만들면 ④를 고르게 된다. 열응력에는 반드시 처음과 나중의 온도 차이만 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 자유 팽창인지 완전 구속인지 확인하고, 완전 구속이면 온도차 $\Delta T = T_2 - T_1$를 구한 뒤 $\sigma = E\alpha\Delta T$를 적용한다. 가열이면 압축, 냉각이면 인장이라는 방향까지 함께 판단한다.

암기 포인트

완전 구속 열응력의 크기는 $E\alpha\Delta T$이며, 가열하면 압축응력이 발생한다.

NoteBase

문 14. 10 m/s의 속도로 10 kW의 동력을 전달하는 평벨트 전동장치가 있다. 긴장측 장력이 이완측 장력의 2배일 때, 긴장측 장력[N]과 유효 장력[N]을 옳게 짝지은 것은? (단, 벨트에 작용하는 원심력은 무시한다)

	긴장측 장력	유효 장력
①	750	500
②	1,000	500
③	1,500	1,000
④	2,000	1,000

정답 4번

출제 포인트

평벨트가 전달하는 동력과 유효 장력의 관계를 이용하고, 긴장측 장력과 이완측 장력의 비를 연립하여 두 장력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전달 동력은 $P = 10kW = 10{,}000W$, 벨트 속도는 $v = 10m/s$이다.
구해야 할 값: 긴장측 장력 T_1과 유효 장력 $T_1 - T_2$이다.
주의할 조건: 긴장측 장력이 이완측 장력의 2배이므로 $T_1 = 2T_2$이며, 원심력은 무시한다.

사용할 공식

$P = (T_1 - T_2)v$
여기서 $T_1 - T_2$는 실제로 동력을 전달하는 유효 장력이다. 벨트가 일정한 속도로 동력을 전달하고 원심력을 무시하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 유효 장력을 구하면 다음과 같다.
$T_1 - T_2 = \frac{P}{v} = \frac{10{,}000W}{10m/s} = 1{,}000N$
2. $T_1 = 2T_2$를 대입하면 다음과 같다.
$2T_2 - T_2 = 1{,}000N$
따라서 $T_2 = 1{,}000N$이다.
3. 긴장측 장력은 $T_1 = 2T_2 = 2{,}000N$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 긴장측 장력은 $750N$, 유효 장력은 $500N$이다. 이때 이완측 장력은 $750 - 500 = 250N$이므로 긴장측 장력이 이완측 장력의 3배가 되어 조건에 맞지 않는다.
② X — 긴장측 장력은 $1{,}000N$, 유효 장력은 $500N$이다. 이때 이완측 장력은 $1{,}000 - 500 = 500N$이므로 장력비는 만족하지만, 유효 장력이 $500N$이어서 전달 동력은 $5kW$에 불과하다.
③ X — 긴장측 장력은 $1{,}500N$, 유효 장력은 $1{,}000N$이다. 이때 이완측 장력은 $1{,}500 - 1{,}000 = 500N$이므로 긴장측 장력이 이완측 장력의 3배가 되어 조건에 맞지 않는다.
④ O — 긴장측 장력은 $2{,}000N$, 유효 장력은 $1{,}000N$이다. 이때 이완측 장력은 $2{,}000 - 1{,}000 = 1{,}000N$이므로 $T_1 = 2T_2$와 $T_1 - T_2 = 1{,}000N$을 모두 만족한다.

오답 포인트

유효 장력 $1{,}000N$을 긴장측 장력 자체로 착각하기 쉽다. P/v로 구한 값은 T_1이 아니라 두 장력의 차 $T_1 - T_2$이며, 여기에 장력비 $T_1 = 2T_2$를 함께 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

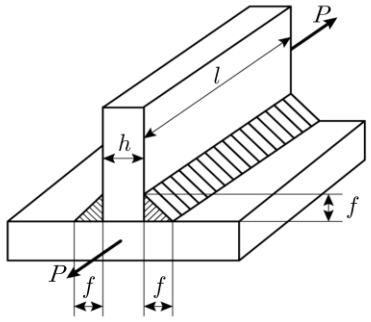
먼저 동력을 W로 환산한 뒤 P/v로 유효 장력을 구하고, 주어진 장력비와 연립하여 이완측 장력과 긴장측 장력을 차례로 계산한다. 마지막에는 장력의 차와 비가 모두 조건에 맞는지 검산한다.

암기 포인트

벨트 전달 동력은 '유효 장력 × 벨트 속도'이므로 $P = (T_1 - T_2)v$이다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 양 측면 필릿 용접 이음에서 허용 전단응력을 0.4N/mm^2라 할 때, 최소 허용 용접길이 l [mm]은? (단, 전단에 의한 영향만을 고려하고 인장력 $P=560\text{N}$, $f=5\text{mm}$, $h=10\text{mm}$, $\cos 45^\circ=0.7$로 계산한다)



① 100 ② 200
③ 300 ④ 400

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 양쪽 필릿 용접의 유효 목두께와 총 전단면적을 이용하여 최소 허용 용접길이 l을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 허용 전단응력 $\tau_a = 0.4N/mm^2$, 인장력 $P = 560N$, 필릿 크기 $f = 5mm$, $\cos 45^\circ = 0.7$이다.
구해야 할 값: 양쪽 필릿 용접의 최소 길이 l이다.
주의할 조건: 전단의 영향만 고려하므로 $h = 10mm$에 따른 굽힘 등의 영향은 계산하지 않는다. 또한 용접부가 양쪽에 있으므로 유효 전단면적에 2를 곱한다.

사용할 공식

필릿 용접 한쪽의 유효 목두께는 $a = f\cos 45^\circ$이고, 양쪽 용접의 총 유효 전단면적은 $A = 2al = 2fl\cos 45^\circ$이다. 따라서 허용조건은 다음과 같다.

$$\tau = \frac{P}{2fl\cos 45^\circ} \le \tau_a$$

하중이 두 용접부의 유효 목단면에서 전단력으로 저항하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 유효 목두께를 구하면 $a = 5 \times 0.7 = 3.5mm$이다.
2. 양쪽 용접의 총 유효 전단면적은 $A = 2 \times 3.5 \times l = 7lmm^2$이다.
3. 허용 전단응력 조건에 대입하면 다음과 같다.

$0.4 = \frac{560}{7l}$

$l = \frac{560}{0.4 \times 7} = 200mm$

따라서 최소 허용 용접길이는 $200mm$이다.

선지 판단

① X — $l = 100mm$이면 허용하중은 $0.4 \times 7 \times 100 = 280N$으로 $560N$보다 작아 부족하다. 틀린 값 $100mm$이 아니라 최소 길이는 $200mm$이다.

② O — 계산한 최소 허용 용접길이 $l = 200mm$와 일치한다.

③ X — $300mm$는 허용하중 $840N$으로 안전하지만, 요구되는 최소 길이 $200mm$보다 길다. 따라서 최소 허용 용접길이라는 표현에 맞는 값은 $200mm$이다.

④ X — $400mm$는 허용하중 $1{,}120N$으로 안전하지만, 최소값이 아니다. 최소 허용 용접길이는 $400mm$가 아니라 $200mm$이다.

오답 포인트

한쪽 용접만 고려하여 계수 2를 빠뜨리면 $l = 400mm$인 ④를 고르게 된다. 또한 ③과 ④는 허용응력 조건을 만족하더라도 문제에서 묻는 값이 '최소' 길이이므로 정답이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

필릿 용접 길이 문제는 유효 목두께 $f\cos 45^\circ$를 구하고, 용접선의 개수를 반영한 총 유효 전단면적을 만든 뒤, $P/A = \tau_a$로 최소값을 계산한다. 마지막에는 계산값보다 큰 선지가 아니라 최소값과 정확히 일치하는 선지를 선택한다.

암기 포인트

양쪽 필릿 용접의 전단면적은 $A = 2fl\cos 45^\circ$이다.

NoteBase

문 16. 원동차의 지름이 300 mm, 종동차의 지름이 500 mm인 원통 마찰차에서 원동차가 15분 동안 600회전을 할 때, 종동차는 20분 동안 몇 회전을 하는가? (단, 접촉면의 미끄럼은 없다)

① 240 ② 320

③ 480 ④ 800

정답 3번

출제 포인트

미끄럼이 없는 원통 마찰차에서 두 차의 접선속도가 같다는 관계를 이용하여 종동차의 회전수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 원동차 지름은 $300mm$, 종동차 지름은 $500mm$, 원동차는 $15min$ 동안 600회전한다.
구해야 할 값: 종동차가 $20min$ 동안 회전하는 횟수이다.
주의할 조건: 접촉면에 미끄럼이 없으므로 두 차의 접선속도 크기는 같다.

사용할 공식

미끄럼이 없는 두 원통 마찰차에서는 접선속도가 같으므로
$\pi d_1 n_1 = \pi d_2 n_2$
즉,
$d_1 n_1 = d_2 n_2$
가 성립한다. 지름이 큰 종동차는 같은 접선속도를 유지하기 위해 더 느리게 회전하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 원동차의 분당 회전수는 다음과 같다.
$n_1 = \frac{600}{15} = 40rpm$
2. 종동차의 분당 회전수를 구한다.
$n_2 = \frac{d_1}{d_2} n_1 = \frac{300}{500} \times 40 = 24rpm$
3. 종동차의 $20min$ 동안 총회전수는 다음과 같다.
N_2=24×20=480회

NoteBase

선지 판단

① X — 240회는 계산 결과 480회와 다르다. 틀린 값 240회는 올바르게는 480회이다.
② X — 320회는 계산 결과 480회와 다르다. 틀린 값 320회는 올바르게는 480회이다.
③ O — 종동차는 분당 24회전하므로 20분 동안 $24 \times 20 = 480$회전한다.
④ X — 800회는 계산 결과 480회와 다르다. 틀린 값 800회는 올바르게는 480회이다.

오답 포인트

원동차의 600회전을 곧바로 종동차의 20분 회전수 계산에 사용하면 안 된다. 먼저 600회를 15분으로 나누어 원동차의 분당 회전수를 구한 뒤, 지름에 반비례하는 회전수 관계를 적용해야 한다. 또한 종동차의 지름이 더 크므로 종동차의 분당 회전수는 원동차보다 작아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

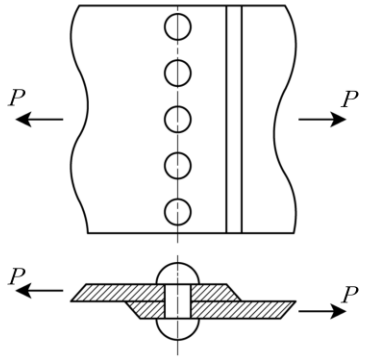
먼저 주어진 총회전수를 시간으로 나누어 분당 회전수로 바꾸고, 미끄럼이 없으면 $d_1 n_1 = d_2 n_2$를 적용한 뒤, 구한 분당 회전수에 요구 시간을 곱한다. 마지막으로 지름이 큰 차의 회전수가 더 작은지 검산한다.

암기 포인트

미끄럼 없는 마찰차는 접선속도가 같으므로 지름과 회전수의 곱이 일정하다: $d_1 n_1 = d_2 n_2$.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 리벳 5개로 이루어진 1줄 겹치기 리벳이음에서 리벳의 허용 전단응력이 $4\,\mathrm{N/mm^2}$이고 $P = 540\,\mathrm{N}$의 인장력이 강판에 작용할 때, 리벳의 최소 허용 지름[mm]은? (단, $\pi = 3$으로 계산한다)



① 4 ② 6
③ 8 ④ 10

정답 2번

출제 포인트

1줄 겹치기 리벳이음에서 리벳 5개의 단일 전단 저항이 인장력 P 이상이 되도록 하는 최소 허용 지름을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 리벳 수 $n = 5$, 허용 전단응력 $\tau_a = 4N/mm^2$, 인장력 $P = 540N$, $\pi = 3$이다.
구해야 할 값: 리벳의 최소 허용 지름 d이다.
주의할 조건: 1줄 겹치기 이음이므로 각 리벳에는 전단면이 1개인 단일 전단이 발생하며, 5개 리벳이 하중을 균등하게 분담한다고 본다.

사용할 공식

리벳 1개의 전단 저항은 $\tau_a A = \tau_a(\pi d^2/4)$이므로, 리벳 5개의 전체 허용 전단력은
$P = n\tau_a \frac{\pi d^2}{4}$
이다. 겹치기 이음에서는 두 강판의 경계면을 따라 리벳이 한 면에서 잘리려 하므로 단일 전단 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

리벳 1개가 분담하는 하중은
$\frac{P}{n} = \frac{540}{5} = 108N$
이다. 허용 전단 조건을 적용하면
$540 = 5 \times 4 \times \frac{3d^2}{4}$
이므로
$540 = 15d^2, \qquad d^2 = 36, \qquad d = 6mm$
이다. 따라서 최소 허용 지름은 $6mm$이다.

선지 판단

① X — $d = 4mm$일 때 전체 허용 전단력은 $5 \times 4 \times (3 \times 4^2/4) = 240N$으로 $540N$보다 작아 부족하다. 올바른 최소 지름은 $6mm$이다.
② O — $d = 6mm$일 때 전체 허용 전단력은 $5 \times 4 \times (3 \times 6^2/4) = 540N$으로 작용 하중과 같으므로 최소 허용 지름이다.
③ X — $d = 8mm$이면 허용 전단력은 $960N$으로 강도는 만족하지만, 요구되는 최소 지름이 아니다. 올바른 최소값은 $6mm$이다.
④ X — $d = 10mm$이면 허용 전단력은 $1{,}500N$으로 강도는 만족하지만, 요구되는 최소 지름이 아니다. 올바른 최소값은 $6mm$이다.

오답 포인트

그림의 겹치기 이음을 이중 전단으로 잘못 보면 전단면 수를 2로 넣게 된다. 또한 ③과 ④는 강도 조건 자체는 만족하지만 문제에서 묻는 값이 '최소' 지름이므로 정답이 될 수 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 겹치기 이음은 단일 전단, 맞대기 이음에서 양쪽 덮개판을 쓰는 구조는 이중 전단인지 그림으로 확인한다. 그다음 $P = n\tau_a(\pi d^2/4)$에 리벳 수와 전단면 수를 반영하고, 계산값 이상인 지름 중 가장 작은 값을 선택한다.

암기 포인트

리벳 전단 설계의 기본식은 '전체 하중 = 리벳 수 × 전단면 수 × 허용 전단응력 × 리벳 단면적'이다.

NoteBase

문 18. 브리넬 경도 시험기에서 시험 하중 600 N으로 지름이 5 mm인 강구를 압입했을 때, 브리넬 경도값은 10 N/mm^{2}이다. 이때 압입 자국의 깊이[mm]는?

① $\frac{3}{\pi}$ ② $\frac{6}{\pi}$

③ $\frac{9}{\pi}$ ④ $\frac{12}{\pi}$

정답 4번

출제 포인트

브리넬 경도와 압입 자국의 깊이 관계를 나타내는 공식을 이용하여 압입 깊이를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 시험 하중 $P = 600N$, 강구 지름 $D = 5mm$, 브리넬 경도 $HB = 10N/mm^2$이다.
구해야 할 값: 압입 자국의 깊이 h이다.
주의할 조건: 하중, 지름, 경도의 단위가 각각 N, mm, N/mm^2로 서로 일관되므로 별도의 단위 환산이 필요하지 않다.

사용할 공식

브리넬 경도와 압입 깊이의 관계는 다음과 같다.
$HB = \frac{P}{\pi Dh}$
따라서 압입 깊이는 다음과 같다.
$h = \frac{P}{\pi DHB}$
브리넬 경도는 시험 하중을 구면 압입 자국의 표면적으로 나눈 값이고, 그 표면적이 πDh이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

주어진 값을 압입 깊이 공식에 대입한다.
$h = \frac{600}{\pi \times 5 \times 10} = \frac{600}{50\pi} = \frac{12}{\pi} mm$
따라서 압입 자국의 깊이는 $12/\pi mm$이다.

선지 판단

① X — $3/\pi mm$는 계산값 $12/\pi mm$와 다르다. 틀린 값 $3/\pi mm$는 올바르게는 $12/\pi mm$이다.
② X — $6/\pi mm$는 계산값의 절반이므로 맞지 않는다. 틀린 값 $6/\pi mm$는 올바르게는 $12/\pi mm$이다.
③ X — $9/\pi mm$는 $600/(50\pi)$을 올바르게 약분한 값이 아니다. 틀린 값 $9/\pi mm$는 올바르게는 $12/\pi mm$이다.
④ O — $HB = P/(\pi Dh)$를 h에 관해 정리하고 값을 대입하면 $h = 12/\pi mm$가 된다.

NoteBase

오답 포인트

브리넬 경도 공식의 분모를 단순한 원의 투영 면적으로 생각하면 안 된다. 압입 자국의 구면 표면적 πDh를 사용해야 하며, 공식을 h에 관해 정리할 때 D와 HB를 모두 분모에 둔다.

다시 나오면 이렇게 판단

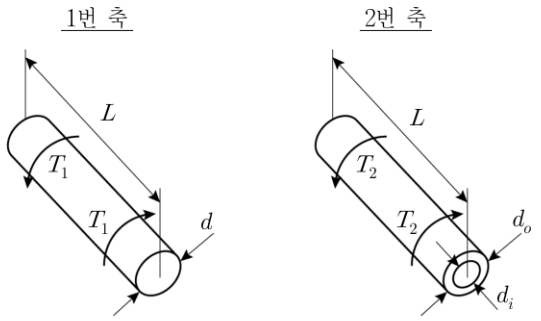
브리넬 경도와 압입 깊이가 함께 주어지는 문제는 $HB = P/(\pi Dh)$를 먼저 세우고, 구하려는 변수를 분리한 뒤 하중·길이·경도 단위의 일관성을 검산한다.

암기 포인트

브리넬 경도는 하중을 구면 압입 자국의 표면적 πDh로 나눈 값이므로 $HB = P/(\pi Dh)$이다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 1번 축은 지름이 d인 중실축이고, 2번 축은 안지름이 $d_i = \frac{d}{2}$인 중공축이다. 1번 축, 2번 축이 허용 전단응력 범위 내에서 전달할 수 있는 최대 토크를 각각 T_1, T_2라고 하면, $\frac{T_2}{T_1}$는? (단, 1번 축과 2번 축의 재료와 단면적은 동일하다)



① $\frac{2}{\sqrt{5}}$ ② $\frac{\sqrt{5}}{2}$

③ $\frac{3}{\sqrt{5}}$ ④ $\frac{\sqrt{5}}{3}$

정답 3번

출제 포인트

동일한 재료와 단면적을 가진 중실축과 중공축에 대하여, 단면적 조건으로 중공축의 바깥지름을 구하고 극단면계수로 허용 토크의 비를 계산하는 문제이다.

조건 정리

1번 축: 지름이 d인 중실축이다.

2번 축: 안지름이 $d_i = d/2$, 바깥지름이 d_o인 중공축이다.

두 축은 재료와 단면적이 같으므로 허용전단응력도 같으며, 구해야 할 값은 T_2/T_1이다. 허용 토크는 길이 L이 아니라 극단면계수에 의해 결정된다.

사용할 공식

단면적이 같으므로

$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)$

이다. 원형축의 최대 전단응력은 $\tau_{max} = T/Z_p$이고, 극단면계수는 중실축에서 $Z_{p1} = \pi d^3/16$, 중공축에서 $Z_{p2} = \pi(d_o^4 - d_i^4)/(16d_o)$이다. 두 축의 허용전단응력이 같으므로 허용 토크의 비는 극단면계수의 비 $T_2/T_1 = Z_{p2}/Z_{p1}$와 같다.

NoteBase

계산 과정

먼저 $d_i = d/2$를 같은 단면적 조건에 대입하면

d^2=d_o^2-≤ft(d2)^2

이므로

d_o^2=54d^2, d_o=(5)/(2)d

이다. 따라서 허용 토크비는

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{(d_o^4 - d_i^4)/d_o}{d^3}$

=(≤ft((5)/(2)d)^4-≤ft(12d)^4)/(≤ft((5)/(2)d)d^3)=(25/16-1/16)/(5/2)=35

이다.

선지 판단

① X — 2/5=d/d_o는 지름비를 거꾸로 취한 값일 뿐, 중공축의 극단면계수 $\pi(d_o^4 - d_i^4)/(16d_o)$를 반영하지 못한다. 올바른 토크비는 3/5이다.

② X — 5/2=d_o/d는 두 축의 지름비일 뿐 허용 토크비가 아니다. 올바르게는 지름의 네제곱 차와 바깥 반지름을 함께 반영하여 T_2/T_1=3/5이다.

③ O — 같은 허용전단응력에서 극단면계수의 비를 계산하면 T_2/T_1=3/5이므로 계산 결과와 일치한다.

④ X — 5/3은 올바른 비 3/5의 역수로, T_2/T_1의 분자와 분모를 뒤바꾼 값이다. 올바른 값은 3/5이다.

오답 포인트

단면적이 같다는 조건에서 곧바로 토크비를 같다고 판단하거나, 바깥지름비 d_o/d=5/2를 토크비로 선택하기 쉽다. 허용 토크는 단면적이 아니라 극단면계수에 비례하며, 중공축에서는 $d_o^4 - d_i^4$와 최외곽 반지름을 모두 반영해야 한다. 또한 ④는 요구된 T_2/T_1을 T_1/T_2로 뒤집을 때 나오는 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

동일 단면적 조건으로 중공축의 바깥지름을 먼저 구한 뒤, 동일 재료이면 허용전단응력이 같다는 점을 이용하여 허용 토크비를 극단면계수의 비로 계산한다. 마지막에는 문제에서 요구한 비의 순서가 T_2/T_1인지 확인한다.

암기 포인트

허용 토크는 극단면계수에 비례한다. 중실축은 $Z_p = \pi d^3/16$, 중공축은 $Z_p = \pi(d_o^4 - d_i^4)/(16d_o)$이다.

NoteBase

문 20. 키의 종류에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 평행키: 보통형, 조임형, 활동형으로 구분되고 키홈으로 인해 축의 강도가 저하될 수 있다.
② 안장키: 축의 강도저하가 없고 축의 임의의 위치에 장착이 가능하다.
③ 경사키: 편심 현상이 발생하지 않아 고속회전 및 고정밀 회전체에 많이 사용된다.
④ 평키: 납작키라고도 하며 기울기가 없다.

정답 3번

출제 포인트

축과 허브를 결합하여 회전력을 전달하는 평행키, 안장키, 경사키, 평키의 구조와 특징을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

평행키: 키의 윗면과 아랫면이 평행한 키로, 보통형·조임형·활동형으로 구분된다.
안장키: 축에는 키홈을 파지 않고 키의 밑면을 축의 표면에 밀착시켜 마찰로 회전력을 전달한다.
경사키: 키에 기울기를 두어 쐐기 작용으로 축과 허브를 고정한다. 이 쐐기 작용 때문에 편심이 생길 수 있다.
평키: 납작키라고도 하며 기울기가 없는 키이다.

선지별 해설

① O — 평행키는 보통형·조임형·활동형으로 구분하며, 축에 키홈을 가공하므로 단면이 감소하고 응력집중이 생겨 축의 강도가 저하될 수 있다.
② O — 안장키는 축에 키홈을 파지 않으므로 키홈에 의한 축의 강도저하가 없고, 축 둘레의 임의 위치에 장착할 수 있다.
③ X — 틀린 표현은 '편심 현상이 발생하지 않아'이다. 경사키는 쐐기 작용으로 축과 허브의 중심이 어긋나는 편심이 발생할 수 있으므로 고속회전 및 정밀 회전체에는 적합하지 않다. 올바르게는 '편심 현상이 발생할 수 있어 고속회전 및 정밀 회전체에는 적합하지 않다'이다.
④ O — 평키는 납작키라고도 하며, 윗면과 아랫면 사이에 기울기가 없는 키이다.

오답 포인트

③은 경사키의 강한 고정 효과만 보고 정밀 회전체에도 적합하다고 판단하게 만드는 선지이다. 경사키의 기울기는 쐐기 작용을 만들지만, 동시에 축과 허브의 편심을 유발할 수 있다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

키의 기울기 유무와 축 키홈의 유무를 먼저 확인한다. 기울기가 있는 경사키는 쐐기 작용과 편심 가능성을 함께 연결하고, 축에 키홈이 없는 안장키는 축 강도저하가 적다는 특징으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

경사키는 쐐기 작용과 편심, 안장키는 축 키홈 없음, 평키는 기울기 없음으로 기억한다.

NoteBase