



두께 및 결함 검사 솔루션을 사용하여 탄성 계수 측정

이 애플리케이션 노트에서는 두께 및 결함 검사 솔루션을 사용하여 탄성 계수를 측정하는 방법을 설명합니다. 비분산 등방성 공학 재료에서 영의 탄성 계수, 전단 탄성 계수 및 푸아송 비를 측정하는 방법을 알아보겠습니다.



탄성 계수의 이해

영의 탄성 계수는 압축력 또는 인장력을 받는 재료의 해당 변형(형태 변화)에 대한 응력(단위 면적당 힘)의 비율로 정의됩니다.

전단 탄성 계수는 전단 응력을 받는 재료에서 변형도와 응력의 비율과 유사합니다.

푸아송 비는 축을 따라 응력을 받는 재료의 해당 축 변형에 대한 횡 변형 비율입니다.

많은 제조 및 연구 응용 분야에서 사용되는 이러한 기본 재료 속성은 측정된 음속 및 재료 밀도를 기반으로 하는 계산을 통해 측정할 수 있습니다. 음속은 적절한 장비를 통한 초음파 펄스 에코 기술을 사용하여 쉽게 측정할 수 있습니다.

아래에 개괄된 일반 절차는 모든 균질, 등방체, 비분산 재료(속도가 주파수에 따라 바뀌지 않음)에 사용됩니다. 여기에는 단면의 치수가 테스트 주파수 파장에 가깝지 않다는 조건을 만족하는 가장 일반적인 금속, 산업 세라믹, 유리도 포함됩니다. 폴리스티렌, 아크릴 등의 경질 플라스틱 또한 측정할 수 있으나 음파 감쇠가 비교적 높기 때문에 측정이 더 어렵습니다.

고무는 높은 분산 및 비선형 탄성 속성 때문에 초음파로 특성을 정의할 수 없습니다. 연질 플라스틱 또한 마찬가지로 전단 모드에서 감쇠가 매우 높으므로 일반적으로 테스트할 수 없습니다. 이방체 재료의 경우, 종파 및/또는 전단파 음속과 마찬가지로 탄성 속성이 방향에 따라 달라집니다. 이방체 시편에서 탄성 계수의 전체 매트릭스를 생성하려면 통상 초음파 측정치 6개가 필요합니다. 재료의 다공성 또는 거친 입상은 초음파 계수 측정치의 정확도에 영향을 미칠 수 있습니다. 이러한 조건이 재료 탄성과 상관없이 입자 크기, 방향 또는 구멍 크기 및 분포에 따라 음속의 변화를 유발할 수 있기 때문입니다.

계수 계산에 필요한 검사 장비

계수 계산을 위한 속도 측정은 Single Element 소프트웨어

를 사용하는 38DL PLUS™ 기기 또는 45MG 기기나 EPOCH™ 650이나 EPOCH 6LT 기기와 같이 속도 측정 기능을 갖춘 결함 탐상기 등 주로 정밀 두께 측정기를 통해 이루어집니다. 72DL PLUS™ 두께 측정기는 고해상도 비행 시간(TOF) 측정 기능을 제공하므로 고정밀 속도 측정치가 도출됩니다.

또한 이 테스트에는 종단 및 전단 모드에서 펄스 에코 음속 측정을 위해 테스트되는 재료에 적합한 두 개의 변환기가 필요합니다. 흔히 사용되는 변환기에는 M112 또는 V112 광대역 종파 변환기(10MHz) 및 V156 수직 입사 전단파 변환기(5MHz) 등이 있습니다. 이러한 변환기는 다수의 일반적인 금속 및 소성 세라믹 샘플에서 잘 작동합니다. 매우 두껍거나, 매우 얇거나, 감쇠도가 높은 샘플의 경우 다른 유형의 변환기가 필요합니다. 일부 응용 분야에서는 부품의 반대쪽에 위치한 변환기의 쌍으로 투과법을 사용해야 하는 경우도 있습니다. 특정 변환기의 권장 사항 및 기기 설정에 대한 지원은 당사에 문의하시기 바랍니다.

테스트 샘플은 두께 단면을 통해 소리 전달 시간의 명확한 펄스/에코 측정을 가능하게 하는 모든 형상을 취할 수 있습니다. 이상적으로는 샘플의 두께는 최소 12.5mm(0.5인치)에 표면은 매끄럽고 평행해야 하며 폭 또는 직경이 사

용되는 변환기보다 커야 합니다. 측정된 펄스 전달 시간에 영향을 미치는 에지 효과가 발생할 수 있으므로 폭이 좁은 샘플을 테스트할 때는 주의를 기울여야 합니다. 매우 얇은 샘플을 사용하는 경우 짧은 음파 경로에 걸쳐 펄스 전달 시간에 약간의 변화가 발생하기 때문에 해상도 품질이 제한됩니다. 이러한 이유로 얇은 샘플은 두께가 최소 5mm(0.2인치)인 것이 좋으며 이보다 두꺼운 샘플이 권장됩니다. 모든 경우에 테스트 샘플의 두께를 정확하게 알아야 합니다.

두께 및 결함 검사 솔루션을 사용하는 계수 계산 절차

적절한 변환기 및 기기 설정을 사용하여 시험편의 종파 및 전단파 음속을 측정합니다. 전단파 측정에는 당사의 SWC-2와 같은 특수 고정성 접촉 매질을 사용해야 합니다. Single Element 소프트웨어를 사용하는 38DL PLUS 두께 측정기 또는 45MG 두께 측정기는 입력된 샘플 두께를 기반으로 재료 속도의 직접 판독치를 제공할 수 있습니다. EPOCH 시리즈 결함 탐상기는 속도 보정 절차를 통해 속도를 측정할 수 있습니다. 두 경우 모두 기기의 작동 설명서에 기재된 속도 측정 권장 절차를 따르시기 바랍니다. 종파 및 전단파 변환기를 사용하여 파악한 일정 두께 영역의 왕복 전달 시간을 기록한 후 다음을 계산합니다.

$$\text{Velocity} = \frac{\text{Thickness}}{\text{Round trip transit time} / 2}$$

고정밀 속도 측정의 경우 72DL PLUS 초음파 두께 측정기(+ 또는 -10피코초)가 권장됩니다. 초당 인치 또는 초당 cm로 표현되는 속도를 계산하기 위해 필요에 따라 단위를 변환합니다(시간은 보통 마이크로초로 측정되므로 in/uS 또는 cm/uS에 106을 곱하여 in/S 또는 cm/S 값을 구함). 계산된 속도는 다음의 방정식에 삽입할 수 있습니다.

$$\text{Poisson's Ratio } (\nu) = \frac{1 - 2(V_T / V_L)^2}{2 - 2(V_T / V_L)^2}$$

Where:

V_T = Shear (transverse) velocity

V_L = Longitudinal velocity

$$\text{Young's Modulus } (E) = \frac{V_L^2 \rho (1 + \nu) (1 - 2\nu)}{1 - \nu}$$

Where:

V_L = Longitudinal velocity

ρ = Density

ν = Poisson's Ratio

단위 관련 참고 사항: 음속이 cm/S, 밀도가 g/cm³로 표현되는 경우 영 계수는 dynes/cm² 단위로 표현됩니다. 영국식 단위인 in/S 및 lbs/in³을 사용하여 평방 인치당 파운드(PSI)로 계수를 계산하는 경우, 힘의 단위로 사용되는 파운드와 질량 단위로 사용되는 파운드의 차이를 기억하시기 바랍니다. 계수는 단위 면적당 힘으로 표현되므로 영국식 단위로 계산하는 경우 위 방정식의 해에 질량/힘 변환 상수(1/중력 가속도)를 곱하여 PSI로 표현되는 계수를 구합니다. 최초 계산이 미터법 단위로 이루어지는 경우 변환 계수 1PSI=6.89×10⁴dynes/cm²를 사용합니다. 또는 속도를 in/S 단위로, 밀도를 g/cm³ 단위로 입력하고 변환 상수 1.07×10⁴로 나누어 PSI로 표현되는 계수를 구할 수 있습니다.

$$\text{Shear Modulus} = \frac{\text{Thickness}}{\text{Round trip transit time} / 2}$$

전단 계수의 경우 전단파 속도 제공에 밀도를 곱하기만 하면 됩니다. 그 후, 다시 cm/S 및 g/cm³ 단위를 사용하여 dynes/cm²로 표현되는 계수를 얻거나 영국식 단위인 in/S 및 lbs/in³을 사용한 다음 그 결과를 질량/힘 변환 상수와 곱합니다.

참고문헌

탄성 계수의 초음파 측정에 관한 자세한 정보는 다음의 자료를 참고하시기 바랍니다.

1. Moore, P.(ed.), Nondestructive Testing Handbook, Volume 7, American Society for Nondestructive Testing, 2007, pp.319~321.
2. Krautkramer, J.,H.Krautkramer, Ultrasonic Testing of Materials, Berlin, Heidelberg, New York 1990 (Fourth Edition), pp.13~14, 533~534.

Related Product



38DL PLUS

다용도로 활용 가능한 38DL PLUS™ 측정기를 이중 요소 탐촉자와 함께 사용하면 부식된 파이프의 두께를 측정할 수 있으며, 단일 요소 탐촉자를 사용하면 박층 또는 다층 소재의 두께를 매우 정확하게 측정할 수 있습니다.

더 알아보기 ▶ [https://www.olympus-ims.com/\\$lang/38dl-plus/](https://www.olympus-ims.com/$lang/38dl-plus/)



45MG

45MG 고급 초음파 두께 측정기에는 표준 측정 기능은 물론 다양한 소프트웨어 옵션이 있습니다.이 독특한 두께 측정 도구는 당사의 이중 요소 및 단일 요소 두께 측정 탐촉자와 호환됩니다.

더 알아보기 ▶ <https://www.olympus-ims.com/ko/45mg/>



72DL PLUS

72DL PLUS™ 고급 초음파 두께 측정기는 사용이 간편한 휴대용 장치로 빠르고 정밀하게 두께를 측정합니다.최대 125MHz의 단일 요소 탐촉자와 호환되는 이 혁신적인 두께 측정 도구는 다층 도장, 코팅, 플라스틱과 같은 초박막 소재의 두께의 측정에 매우 적합합니다.최대 6층의 두께를 동시에 표시할 수 있습니다.

더 알아보기 ▶ <https://www.olympus-ims.com/72dl-plus/>