C-SAM

티씨씨 접착제팀

TCC
Top Chemical Company

초음파의 개요

초음파 탐상검사

초음파를 시험체에 초음파를 전달하여 내부에 존재하는 불연속으로 부터 반사한 초음파의 에너지량, 진행시간 등을 분석하여 불연속의 위치 및 크기를 알아내는 방법이다.

초음파 탐상검사 vs 투과검사

장점	단점
시험체의 두께가 두꺼워도 쉽게 검사가능 검사결과를 즉시확인가능 인체에 무해하며 결함 검출능력 탁월	검사결과를 검사자의 보고서에 의존 결함종류의 식별이 어렵고 금속의 영향을 받기 쉬움

초음파의 특성

음파는 주파수에 따라 가청음, 초음파 등으로 분류되며, 주파수의 분류는 다음과 같다.

20Hz 20KHz 1GHz 100GHz

Subsonic	Audible Sound	Ultrasonic	Hypersonic

초음파의 속도는 다음식 으 로 주어진다.

$$C = \sqrt{\frac{\rho}{K}}$$

여기서, C는 음속, K는 탄성율, ρ는 밀도

초음파의 성질: 좋은 지향성, 동일매질에서 일정속도, 긴 진행거리, 온도변화에 따른 속도가 일정, 경계면이나 불연속면에서 반사, 조건에 따른 파형

초음파 탐상검사 범위: 시험체의 결함 검출, 시험체의 두께 측정, 시험체의 물리특성 측정, 유속 측정, 부식 측정

초음파의 개요 - 계속

초음파의 종류

(1) 종파
파 전달 입자가 파 진행방향과 평행한파
파의 진행에 따라 소한부분, 밀한부분 으로 구성
고체, 액체, 기체에 모두존재
속도가 가장 빠르다.

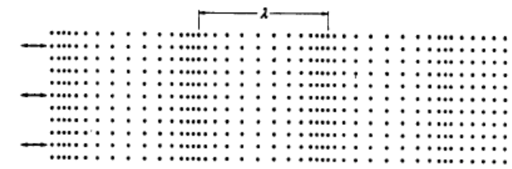


그림 1. 종파의 진행

(2) 횡파
파 전달 입자가 파 진행방향에 대해 수직진동파
속도는 동일재질에서 종파 속도의 약 50%
액체, 기체에는 존재하지 않음
파장이 짧아 작은 결함 검출에 유효

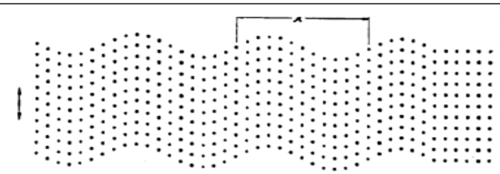


그림 2. 횡파의 진행

(3) 표면파
매질의 한파장정도의 깊이를 투과하여 표면으로 진행하는 파
입자 진동양식은 타원형
에너지의 50%이상이 표면에서 $\frac{1}{4}$ 파장내에서 존재, 1파장 깊이에서 에너지는 4%정도 감소
속도는 동일재질에서 횡파속도의 약 90%

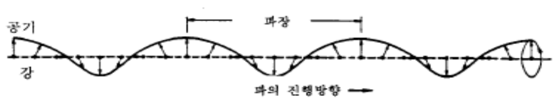


그림 3. 표면파의 진행

(4) 판파
고체 박판에서만 존재
밀도, 금속탄성특성과 구조, 두께 및 주파수에 영향을 받음
속도는 재질의 두께, 주파수, 파형에 따라 달라짐
진동형태가 매우 복잡하여 대칭형과 비대칭형 으로 분류

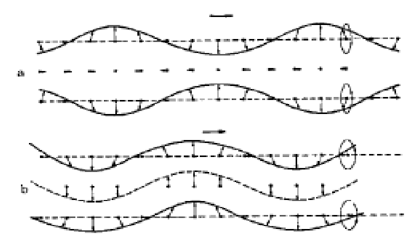


그림 4. 판파의 진행

TCC
Top Chemical Company

초음파의 개요 - 계속

음장의 특성

원형진동자 에서의 음축상의 음압식 :

$$P = 2 \cdot P_0 \sin\left[\frac{ka}{2}\left(\sqrt{1+(\frac{k}{a})^2} - \frac{x}{a}\right)\right]$$

P_0 = 진동자 표면에서의 평균음압
k = 2π/λ
a = 진동자의 반경

(1) 근거리음장

진동자 표면부터 발생되는 음파들의 에너지 상호작용으로 진동자 표면부터 일정거리내의 초음파의 강도 및 방향이 불규칙하게 되고 근거리음장내에서 하나의 불연속이 여러 개의 지시를 나타낼 수 있으므로, 결함의 해석에 주의가 필요하다. 이 일정한 거리를 근거리음장 이라하며 근거리음장의 길이는 다음과 같이 표시된다.

$$X_0 = \frac{D^2}{\lambda}$$

X_0 : 근거리음장의 길이
D : 진동자의 직경
λ : 파장

(2) 원거리음장

근거리음장밖의 영역이며, 음장내의 강도는 초음파의 진행거리 증가에 따라 지수적으로 감소한다. 원거리 음장에서의 빔의 분산각은,

초음파 탐상은 일반적으로 원거리 음장에서 이루어진다.

$$\sin\theta = 1.22\frac{\lambda}{D}$$

Θ : 빔의 분산각
D : 진동자의 직경
λ : 파장

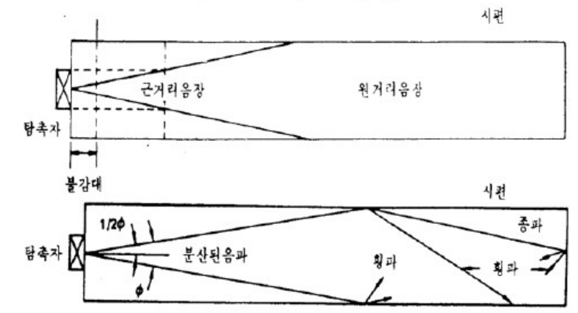


그림 5. 음장의 형태

초음파 진행은 사용 주파수 및 진동자의 크기의 함수로 다음과 같다.

$$D = \frac{2J_1(ka \cdot \sin\theta)}{ka \cdot \sin\theta}$$

D : 지향함수
a : 진동자의 반경
k : Wave number
Θ : 지향각
J_1 : 제 1종 베셀함수

초음파의 개요 - 계속

파의 진행특성

(1) 굴절의 법칙

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{V_1}{V_2}$$

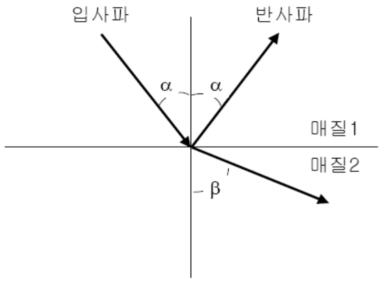


그림 6. Snell의 법칙

(2) 임계각

$$\sin\beta_2 = \sin 90^\circ = 1$$

$$\frac{\sin\alpha}{1} = \frac{V_1}{V_2} \text{ 그러므로 } \sin\alpha = \frac{V_1(longitudinal)}{V_2(longitudinal)}$$

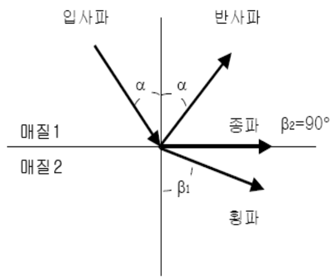


그림 7. 제 1 임계각

(3) 제2 임계각

$$\sin\beta = \sin 90^\circ = 1$$

$$\sin\alpha = \frac{V_1(longitudinal)}{V_2(shear)}$$

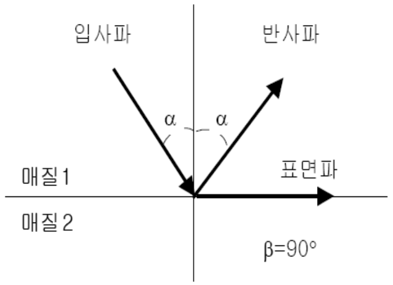


그림 8. 제 2 임계각

TCC
Top Chemical Company

초음파의 개요 - 계속

반사와 통과

음향 임피던스
재질이 음파의 진행을 방해하는 성질이며, 다음과 같다.

$$Z = \rho V$$

Z : 음향 임피던스
ρ : 재질의 밀도
V : 초음파의 속도

수직입사시의 반사와 통과

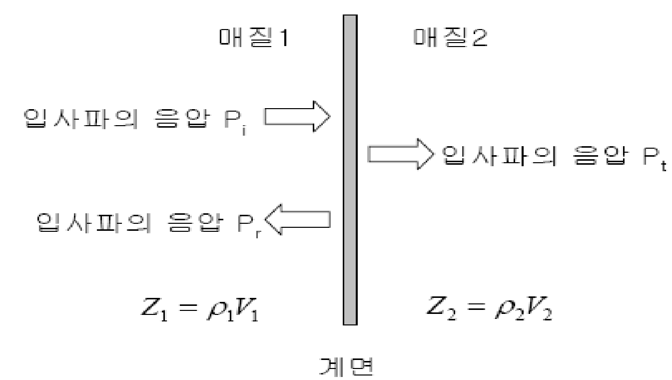


그림 9. 초음파가 평면 경계면에 수직 입사될 경우의 반사와 통과

음압반사율 ɣ : $\gamma = \frac{P_r}{P_i} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$

음압통과율 t : $t = 1 - \gamma = 1 - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$

음압의 왕복통과율 T : $T = t_1 \times t_2 = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \times \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$

티씨씨

초음파의 개요 - 계속

시험체가 초음파에 미치는 영향

(1) 표면 거칠기
(2) 시편의 모양
(3) 시편내에서의 파형변이
(4) 불연속의 방향과 깊이

데시벨(dB)

$$dB = 20\log_{10}\frac{A_1}{A_2}$$: A_1, A_2는 에코의 강도(Amplitude)

소리의 세기

$$I = \frac{P^2}{\rho c}$$

I = 소리의 세기 watt/m²
P = R.M.S 음압 N/m²
ρ = 밀도
c = 음속

소리의 세기의 단위는 일반적으로 dB를 사용하며

$$dB = 10\log\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

$$= 10\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2$$

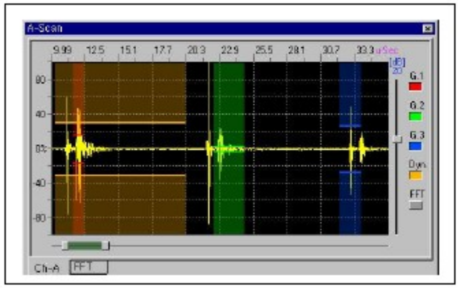
$$= 20\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

TCC
Top Chemical Company

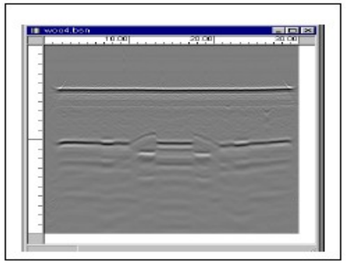
C-SAM [C-MODE SCANNING ACOUSTIC MICROSCOPE]

Ultrasonic Test 의 표시 예

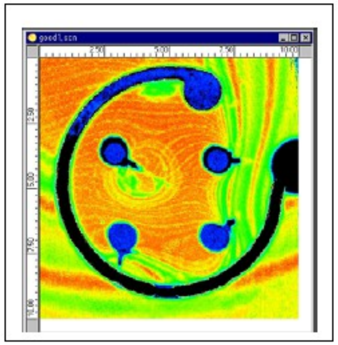
A-Scan : 수신된 초음파의 RF Signal 로 표시하는 방법



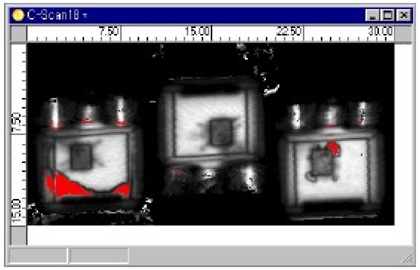
B-Scan : 검사체의 단면을 나타내는 방법



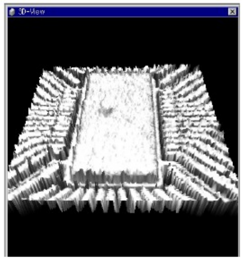
C-Scan : 검사체의 평면을 표시하는 방법으로 수신된 초음파 신호의 진폭 및 TOF값으로 표시



Phase Inversed C-Scan : 두 물체가 접합된 음향 경계면에서 Delamination같은 결함을 검출에 이용



3 Dimension Display : 검사체에서 얻어진 진폭 및 TOF 값을 이용한 3차원 표시법

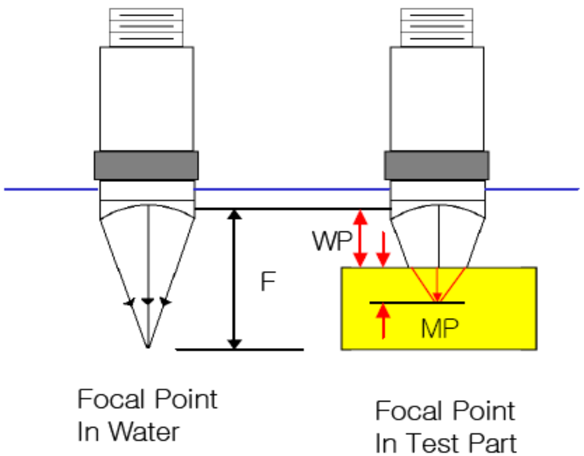


티씨씨

TCC
Top Chemical Company

C-SAM - 계속

Focal Length :



$$WP = F - MP\left(\frac{C_{tm}}{C_w}\right)$$

where, WP = Water Path

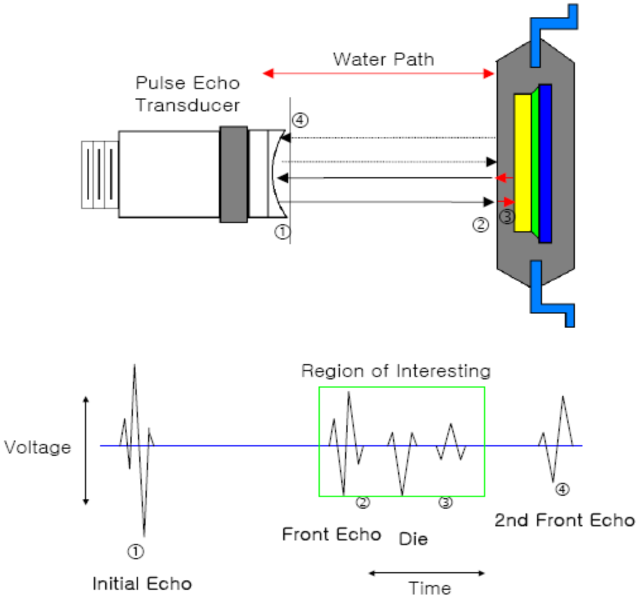
MP = Material Depth

F = Focal Length in Water

C_{tm} = Velocity in the Material

C_w = Velocity in the Water

Ultrasonic Waveforms in IC Package :

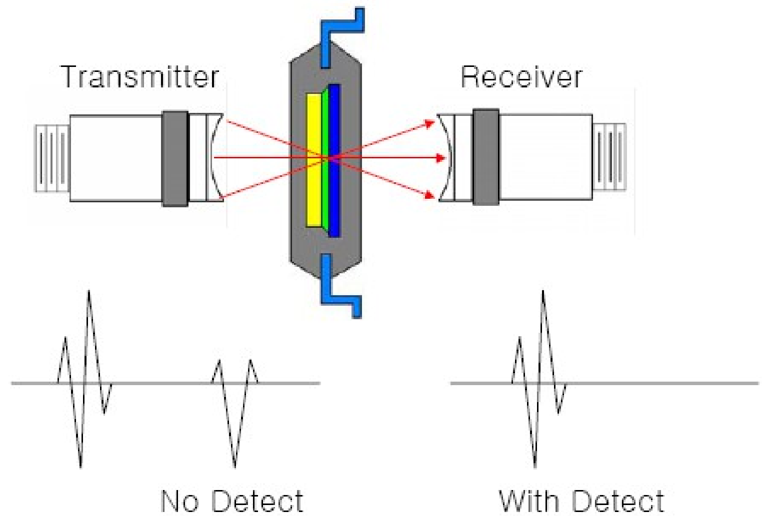


Material Thickness = (Time × Velocity) / 2

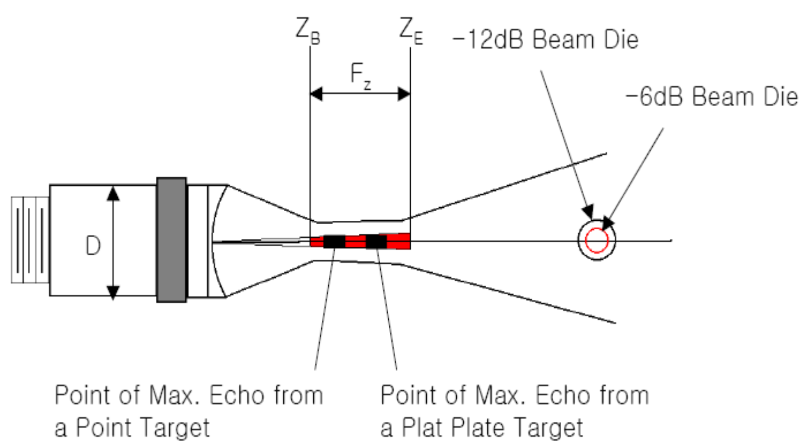
TCC
Top Chemical Company

C-SAM - 계속

Thru-Transmission :



Beam Diameter and Focal Zone :



where, Z_B = Beginning of the Focal Zone

Z_E = End of the Focal Zone

F_Z = Focal Zone

D = Element Diameter

$$BD_{(-6dB)} = 1.028\frac{FC}{fD}$$

where, F = Focal Length in Water

C = Sound Velocity of Material

f = Frequency of Transducer

D = Element Diameter

Focal Zone (FZ) :

$$F_Z = NS_F^2\left[\frac{2}{(1+0.5S_F)}\right]$$

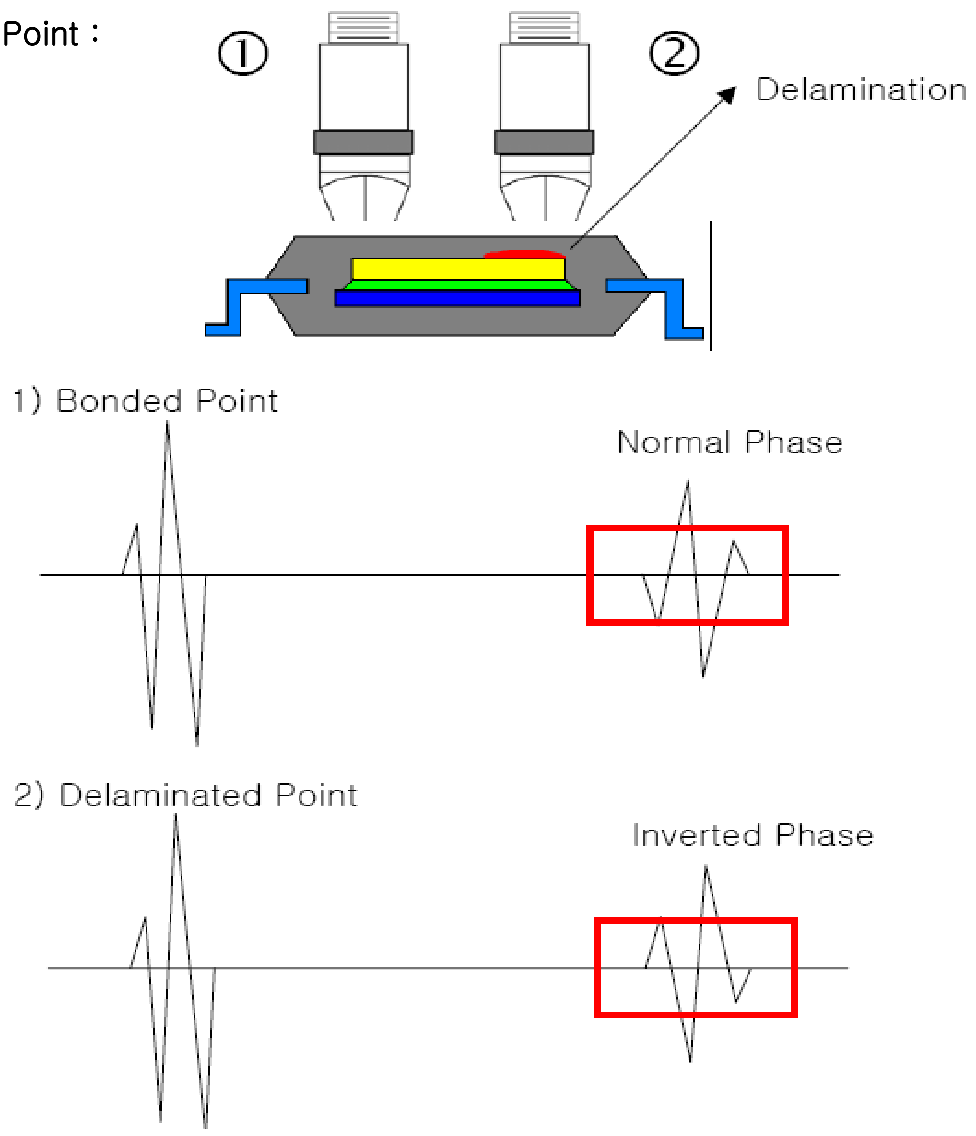
where $N = D^2/4\lambda$ (Near Field Length)

$S_F = F / N$ (normalized Focal Length)

C-SAM - 계속

Top Chemical Company

Delamination Point vs Normal Bonded Point :




Thank you!