

高分子 PVDF 振動子を 사용한 点集束超音波探觸子の 特性

(Characteristics of Point-focus Type Ultrasonic Transducer using PVDF Element)

한 응 교 / 이 범 성, 박 준 서, 황 석 태 *

한양대학교 정밀기계과 / 한양대학원 정밀기계과

1. 序 論

最近, 超音波를 이용한 非破壞的, 缺陷探傷은 상당한 발전과 함께 중요한 위치를 차지하게 되었다. 그러나 더욱 高精密度의 探傷과 超音波探傷의 根本的인 문제점인 表面直下의 결함탐상에의 不適合性등을 개선하기 위하여는 分解能等の 성능이 우수하고 다양한탐상조건에 적합한 探觸子の 개발이 필수적이어서 오래전부터 그에 대한 많은 연구와 노력이 이루어져 왔다.^{(1), (2), (9)} 그 결과, 일반적인 探觸子에 비하여 초음파의 빔을 가늘게 집중한 点集束探觸子를 사용^{(3), (4)}하였으나 이 탐촉자는 대부분 壓電세라믹계통의 진동자를 사용한 일반探觸子에 음향렌즈를 부착하여 빔을 集束함으로써 빔의 集束에 한계가 있고 음향렌즈에 의한 손실, 진동자 自體의 불필요모드의 진동발생등의 문제점으로 인하여 탐상精度 向上에 限界를 느껴왔다. 따라서, 더 우수한 探觸子 개발을 위해 연구하던 중, 近年 高分子 PVDF 필름의 경제적인 가공방법이 개발되어 球面진동자의 가공이 가능함에 따라 음향렌즈 없이도 빔의 集束이 가능하고 진동자 자체의 음향임피던스가 물에 가까워 특히 수침탐상에서 분해능이 더욱 향상된 探觸子^{(5), (6), (7), (8)}를 개발 할 수 있었다.

本 研究에서는 이렇게 개발된 水浸用 高分子(PVDF) 探觸子와 종래에 사용되어온 水浸用 壓電세라믹(PZT-4) 探觸子를 사용하여, 반사체와 探觸子 사이에 물만이 介在된 경우와 물과 아크릴수지가 介在된 경우의 빔의 특성과 이러한 빔의 특성이 결함탐상에 미치는 영향에 대하여 실험을 통하여 알아보았다.

2. 實驗 裝置

2.1 實驗 裝置

실험장치와 계통은 Fig. 1의 블럭다이어그램에 나타나 있다. 또한 장치의 사양은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Specification of Experimental Apparatus

No.	Item	Specification
1	Ultrasonic Pulsar (HITACHI AI-050P)	Pulse Voltage : Above -350V Pulse Repetition freq. : 100Hz to 10kHz
2	Ultrasonic Receiver (HITACHI AI-050R)	Freq. Bandwidth : 1MHz - 14MHz Gain : 60dB Filter Cutoff Freq. : 1, 2, 5, 10MHz

3	Peak Detector (HITACHI AI-1000)	Trigger Delay Time : 1 to 400μs Gate Delay time : 0.05 to 800μs Gate Width : 0.03 to 80% RF Input Signal : ZVP-P Detection Output : +5V Amplifier Band : 140MHz
4	Scanner	Effective Stroke : 140 x 140 x 80mm Scanning Pitch : 0.01 to 9.99mm 0.01mm step Scanning Velocity : 5 to 200mm/s

Fig. 1 Blockdiagram of Experiment System

2.2 探觸子

Table 2 Specification of Probes

	① (Ceramic)	② (Polymer)
Piezoelectric Material	PZT-4	P V D F
Nominal Frequency	25MHz	25MHz
Element Dimensions	6.4mm	6.0mm
Focal Length	10mm	10mm
Connector Type	UIF	UIF
Class	Immersion	Immersion

2.3 試驗片

본 실험에서는 각각 지름이 1.0mm, 2.0mm, 4.0mm, 6.0mm, 10.0mm인 Stainless Steel SUS304재질의 鋼球와 스텐형 시험편을 사용하였다.

Fig. 2는 본 실험에서 사용한 스텐형 시험편으로서 겹의 재질은 아크릴이머 속의 鋼球의 재질은 Stainless Steel SUS304이다.

Fig. 2 Dimensions of Testpiece

3. 實驗 方法

실험순서는 다음 Fig. 3의 블럭다이어그램에 나타내었다

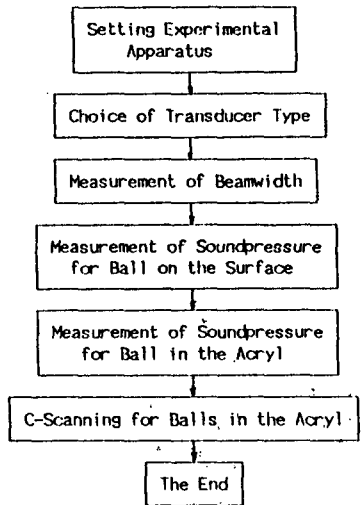


Fig.3 Blockdiagram of Experiment

4. 實驗結果 및 考察

4.1 單一 매질에서의 실험결과

4.1.1 초점에서의 빙폭

중심축의 음압의 1/2이 되는 위치 즉 6dB의 차이가 나는 위치를 빙의 폭으로 정의하여 그 위치를 측정하고 결과를 Fig.4에 나타내었다. 壓電세라믹探觸子の 경우 음향렌즈에서의 손실의 영향으로 빙의 폭이 일정한 부분이 존재하나 高分子探觸子の 경우, 진동자자체가 곡면인 까닭에 빙의 폭이 초점으로부터 거의 선형적으로 변하는것을 확인할 수 있었다. 또한 초점에서의 빙의 폭이 高分子探觸子が 세라믹探觸子에 비하여 약 60%정도밖에 되지 않아 보다 미소 결함의 탐상에 적합하다는것을 미루어 생각할 수 있겠다.

Fig.4 Beamwidth at Focuspoint

4.1.2 반사체의 크기에 따른 반사음압의 비교결과

이득값(Gain)이 高分子의 경우 세라믹25dB의 1/2수준인 8dB밖에 되지 않는데도 초점부근에서의 음압값이 세라믹에 비하여 별다른 차가 없는것으로 보아 감도가 좋다는 것을 알 수 있었다. 또한 Fig.6은 각각의 경우의 집중범위를 비교하는 그래프로서 최대에코값보다 6dB낮은 값을 나타내는 중심축상의 위치를 표시한 그래프인데, 볼의 지름이 6mm정도까지는 볼의 지름이 증가하여도 압전 세라믹과 고분자 양쪽 모두 비슷한 양상을 보이지만 지름이 10mm인 경우 압전세라믹쪽이 잔향의 영향과 빙폭이 굵으므로 인하여 갑자기 증가하는것을 알 수 있다.

Fig.5 Peak Sound Pressure Difference for Ball Diameter

Fig.6 Focus Extent for Ball Diameter

4.2 複合매질에서의 실험 결과

4.2.1 반사체의 깊이 변화에 따른 반사음압의 비교

이 실험은 앞의 探觸子和 반사체 사이의 물이라는 단일 매질에 음향임피던스가 다른 아크릴수지를 개입시켜 각각의 탐촉자의 특성을 비교해 보기 위함이다. Fig.7을 보면 壓電세라믹탐촉자의 경우 표면에 가까워지면 가까워질수록 중심에서의 반사에코뿐만 아니라 잔향의 영향과 근거리음장의 영향, 집중부문의 길이가 어느정도 큰 재함에 따라 집중범위가 넓어지나, 高分子의 경우 壓電세라믹探觸子에 비해 빙의 폭이 좁고 집중부문의 길이가 짧음으로서 그런 영향이 훨씬 적어 표면 근방에서도 훨씬 정도가 높은 탐상이 가능하다는것을 알 수 있다.

Fig.7 Focus Extent for Ball in Acryle

4.2.2 C-Scan시의 음압분포 비교

아크릴재질속에 들어 있는 한 볼에 초점을 맞춘 후 깊이가 다른 나머지 볼에 대하여 C-Scan탐상을 할 경우의 음압의 분포를 알아보았다. 그 결과 壓電세라믹探觸子の 경우가 각 볼에 대한 음압분포의 차가 적다는것을 알았다. 이와 같은 현상의 원인은 두 探觸子の 集束束 형태의 차이와 초점부근의 빙의 集束束 상태의 차이로 설명되어질 수 있겠다.

Fig.8 Sound Pressure Distribution (Focusing at Ball d3)

5. 結 論

壓電세라믹探觸子和 高分子振動子를 사용한 探觸子の 결함검출특성을 실험을 통하여 비교해본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- [1] 高分子探觸子は 振動子음향임피던스값이 壓電세라믹探觸子の 振動子보다 작고 초점에서의 빙폭이 壓電세라믹探觸子빙폭의 60 - 65%밖에 되지 않아, 보다 微小한 결함의 검출이 가능하다
- [2] 高分子探觸子は 振動子自體가 球面으로 구성되어 壓電세라믹探觸子보다 빙의 집중범위가 좁아 깊이 방향의 결함탐상은 미흡하나 표면근처의 탐상에 우수함을 알 수 있었다.

이 실험은 日本의 日立建機(株)의 FA部 技術開發팀과 공동 실험한 것입니다.

References

- [1] H.Jaffe, D.A.Berlincourt : " Piezoelectric Transducer Materials ", Proceedings of IEEE, vol.53, No.10 Oct, 1965
- [2] C.S.Desilets, J.D.Fraser, G.S.Kino : " The Design of Efficient Broad-Band Piezoelectric Transducers ", IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, vol.SU-25, No.3, May, 1978
- [3] 田 泰平, 竹中克己, 横野泰和, 中山弘司 : " 点集束探觸子による缺陷寸法とエコー高さの關係 ", 非破壊検査, 第31卷, 第11號

- [4] 木村勝美, 福原熙明, 松本 次郎: "超音波探傷用点集束料角探觸子の設計方法", 非破壊検査, 第31巻, 第1號
- [5] R.G.Swartz, J.O.Plummer: "On the Generation of High-Frequency Acoustic Energy with Poly vinylidene Fluoride", IEEE transactions on Sonics and Ultrasonics, vol.SJ-27, No.6, Nov, 1980
- [6] 窪川義朗, 大木正樹, 山田博章, 尾上守夫: "高分子壓電フィルムを用いた非破壊検査用超音波探觸子", 電子通信學會技術研究報告, vol.82, No.118, 1982
- [7] L.But, H.J.Shaw, L.T.Zitelli: "Experimental Broadband Ultrasonic Transducers using PVF₂ Piezoelectric Film", Electronics Letters, vol.12, No.16, Aug, 1976
- [8] 瀨尾 巖, 高見 浩, 宇田川義夫, 三浦俊治: "ポリマプローブを用いた高周波探傷装置" NDI資料 21169, Nov, 1987
- [9] 한 용교, 박 익근, 김 현철: "전자주사식 초음파 탐촉자의 결함 검출능에 관한 연구", 한국비파괴검사학회 추계학술발표회초록집, pp 10-20, 1990.

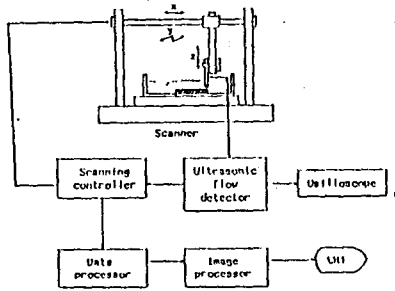


Fig.1 Blockdiagram of Experiment System

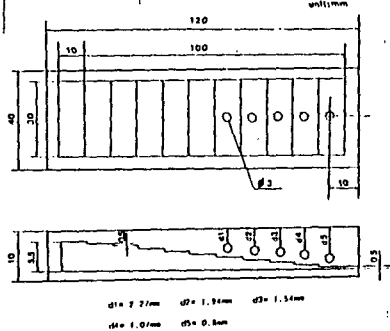


Fig.2 Dimensions of Testpiece

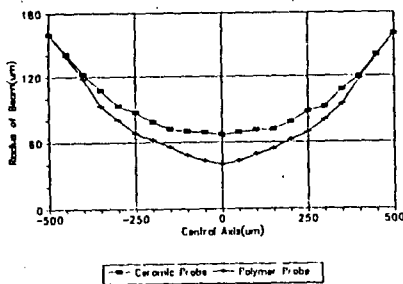


Fig.4 Beamwidth at Focuspoint

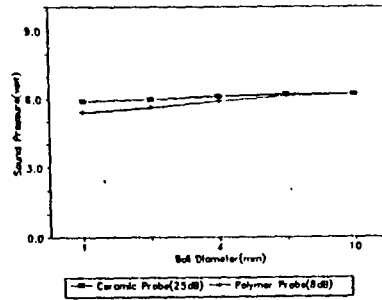


Fig.5 Peak Sound Pressure Difference for Ball Diameter

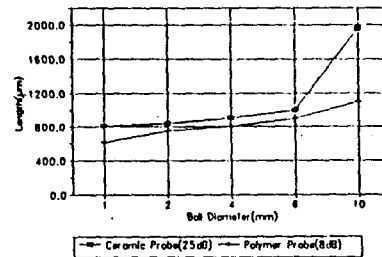


Fig.6 Focus Extent for Ball Diameter

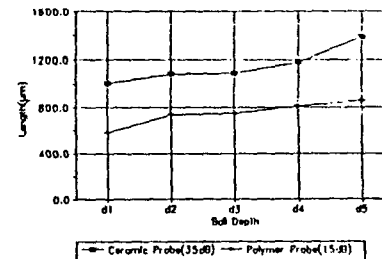


Fig.7 Focus Extent for Ball in Acryl

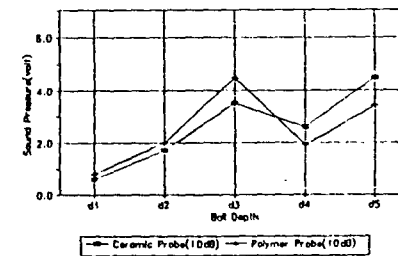


Fig.8 Sound Pressure Distribution (Focusing at Ball d3)