

PVDF 수침용 고주파수 초음파 탐촉자의 검출장과 Cr-Ni 강에서의 결합 검출능 측정

김병극, 이승석

한국표준과학연구원 방재기술연구센터 비파괴평가그룹

요 약 최근 시료 내부의 미세 결함의 측정을 위하여 초음파의 발생 소자로 polyvinylidene fluoride(PVDF)나 polyvinylidene fluoride trifluoroethylene P(VDF-TrFE) 압전 재료를 사용한 광대역 고주파수 초음파 탐촉자가 이용되고 있다. 중심 주파수 80MHz의 PVDF 수침용 집속형 초음파 탐촉자의 특성과 물과 시료에서의 초음파의 검출장을 측정하였으며 강제 시편에서의 결합 검출능을 측정하였다. 물과 강제 시편에서 고주파수 초음파의 감쇠가 결합 검출능을 좌우하는 주요 변수이었다. 작은 결정립을 지닌 크롬-니켈강 재료를 사용하여 12mm 깊이에 직경 50 μ m에서 560 μ m 범위의 flat-bottom hole들을 가공한 시편을 준비하였고 C-scan과 B-scan을 수행하였다. 직경 280 μ m 이상의 flat-bottom hole들은 검출되었고 파장에 대한 결합 크기의 비가 약 0.48 이하의 결합은 검출되지 않았다. 시편에 초음파의 고주파수 성분이 입사되었으나 약 25MHz 이상의 고주파수 성분이 시편내의 초음파의 전파 경로에서 모두 감쇠되어 더 작은 결함에 대한 검출장이 형성되지 못했다.

1. 서론

최근 시료 내부의 미세결함¹⁾의 검출이 요구되면서 PVDF²⁾와 P(VDF-TrFE)³⁾의 압전 polymer를 이용한 고주파수 초음파 탐촉자가 사용되고 있다. PVDF 압전재료는 poling⁴⁾조건을 조절함으로써 재료 자체가 광대역 특성을 지니도록 제작이 가능하며 다른 분극 방향을 지닌 것을 다층으로 접합하거나 backing을 이용하여 광대역 특성⁵⁻⁹⁾을 나타나게 할 수 있다. PVDF 초음파 탐촉자의 우수한 광대역 특성은 단일한 탐촉자로 1MHz에서 500MHz의 주파수 범위까지 연속적인 초음파의 송수신이 가능하여 초음파 spectroscopy로의 적용이 가능하고 고주파수의 영역은 초음파 현미

경¹⁰⁾에도 이용될 수 있다. 또한 용매에 녹여 지연선에 분사하여 GHz의 초음파 발생 소자의 제작도 가능하다.¹¹⁾ PVDF의 광대역 특성은 펄스의 폭을 짧게 하여 축상분해능을 향상시킨다. PVDF는 높은 전기 기계적 결합상수(k_t)와 높은 기계적 손실 계수($\tan \delta_m$)를 지니며, 음향 임피던스가 물과 음향 임피던스가 유사¹²⁾하여 반사율이 약 0.04로 물에 직접 접촉하여서도 초음파 에너지를 효율적으로 전달하며, 유연성이 있어서 곡면을 따라 변형이 가능하여 수침용, 집속형으로 용이하게 제작되어 진다.

긴 지연선 위에 세라믹 압전 재료를 부착한 형태의 범용 수침용 초음파 탐촉자도 중심 주파수 약 100MHz까지도 제작되고 있으나 지연선에서의 초음

파의 반사와 모드 변환에 의하여 다른 신호들을 동반함으로써 사용에 제한을 주고 있다. 주로 수 백 MHz 이상의 주파수 영역에서 적용하는 초음파 현미경의 경우는 음향 렌즈 위에 단결정의 압전 소자를 성장시켜 초음파를 발진하는데 초음파의 투과 깊이가 낮아 시료의 내부의 검사에는 적합하지 않다. 보통 20MHz 이하의 초음파를 이용한 측정에서는 물에서의 초음파의 감쇠를 크게 고려하지 않아도 측정 결과에 미치는 영향이 거의 없으나 고주파수 초음파를 이용할 경우에는 물에서의 감쇠가 결합의 검출능에 영향을 줄 수 있다. 파괴역학적 고려¹⁾에 의하여 검출이 요구되는 시편 내부의 작은 결합의 검출을 위해서는 약 30MHz 이상의 고주파수 성분의 초음파를 적용하는 것이 요구된다.

본 논문에서는 PVDF를 이용한 수침용 고주파수 초음파 탐촉자의 특성을 파악하고 측정시 결과에 영향을 미치는 변수와 강제에서의 결합 검출능을 파악하기 위하여 수행한 연구를 기술하였다. 중심 주파수가 80MHz인 PVDF 초음파 탐촉자를 사용하여 탐촉자와 시험편 거리, 크롬-니켈강 시험편내의 초음파의 경로에 따른 파형 및 주파수 특성을 측정하였다. 12mm깊이에 위치한 직경 50 μ m에서 560 μ m 범위의 flat-bottom hole이 가공된 크롬-니켈강 시험편들의 C-scan과 B-scan을 수행하고 분석하였다.

2. 실험

2.1. 시편 준비

PVDF 초음파탐촉자를 사용한 강제에서의 결합 검출능을 조사하기 위하여 구조용 재료로 널리 사용되고 있는 재료로서 부식이 없고 작은 hole을 뚫는 가공성이 좋으며 결정립도를 작게하여 초음파 감쇠가 비교적 작도록 제작하는 것이 용이한 크롬-니켈강이 시편의 재료로 선택되었다. 크롬-니켈강 재료를 사용하여 Fig. 1의 도면에 나타낸 바와 같은 형태로 시편 두께를 15mm로 하였고 직경(D)이 각각 50 μ m, 100 μ m, 140 μ m, 200 μ m, 280 μ m, 400 μ m, 560 μ m의 flat bottom hole을 한 시편에 두 개씩을 가공하여 총 4개의 시편을 준비하였는데 깊이는 모두 12mm로

일정하게 하였다. 여기서 직경 200 μ m이하의 크기의 hole들은 600 μ m의 pre-drill hole을 뚫고 그로부터 가공되었는데 pre-drill hole의 깊이(L)는 12mm에서 직경의 7배(Fig. 1에 나타낸 L=7D)만큼 더 들어간 위치였다. 즉 직경 200 μ m, 140 μ m, 100 μ m, 50 μ m의 flat-bottom hole의 pre-drill hole의 깊이(12mm+7D)는 각각 13.4mm, 13.0mm, 12.7mm, 12.4mm로 그 위에 다시 가공된 flat-bottom hole들의 직경이 작아짐에 따라서 pre-drill hole의 깊이는 얕다.

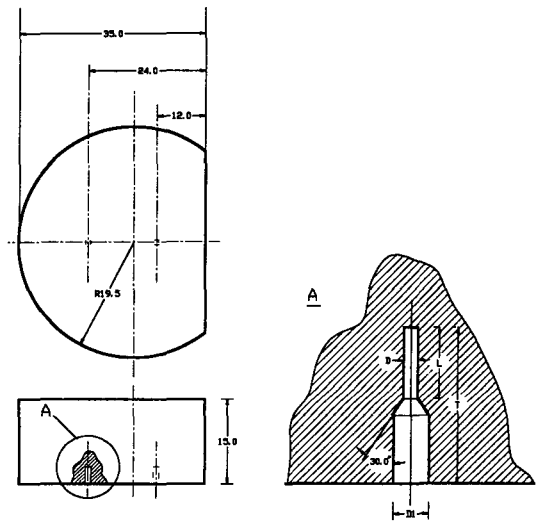


Fig. 1. Drawing of the Cr-Ni steel specimens with artificial flaws, flat-bottom holes.

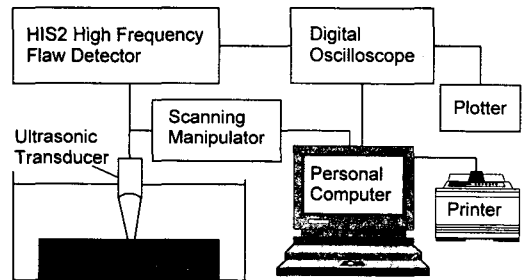


Fig. 2. Block diagram of the immersion system for high-frequency ultrasonic testing.

2.2. 측정계 구성

고주파수의 초음파를 발생하고 수신하며, C-scan과 B-scan을 수행하고, 신호와 image를 저장하고

출력하기 위한 장치를 Fig. 2와 같이 구성하였다. Pulsar/pre-amplifier module HIS1901, gated RF signal을 위한 module HIS 1006, attenuator, filter module HIS1011을 포함한 주파수 대역폭이 1.5MHz에서 150MHz로 광대역이며 10MHz에서 최대 gain이 80dB인 Karutkrämer의 HIS2 high frequency flaw detector를 사용했다. 또한 수조, PC에 의하여 control 되는 3축 구동의 scanning system, Lecroy digital oscilloscope, PC, laser printer, plotter, 수침형 초음파 탐촉자, 시편으로 구성하였다.

2.3. 측정

물에서의 고주파수 초음파의 감쇠 특성을 분석하기 위하여 중심 주파수 80MHz, 초점 거리 25mm, 직경 5mm인 PVDF 초음파 탐촉자를 사용하여 탐촉자와 시험편 사이의 거리에 따른 파형 및 주파수 특성을 측정하였다. 시료 내에서 초음파의 고주파수 성분의 감쇠를 측정하기 위하여 인공 결함의 거리 (12mm)에서 근접한 시험편의 저면(15mm)으로부터 반사된 신호의 파형 및 주파수 특성을 측정하였다. 준비된 크롬-니켈강 시편에 대하여 중심 주파수가 80MHz인 PVDF 초음파 탐촉자를 사용하여 B-scan과 C-scan을 수행하였다. 또한 직경이 20mm이고 초점 거리가 약 40mm인 중심 주파수 15MHz의 범용 수침 초음파를 사용하여 비교 실험을 수행하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. PVDF 초음파 탐촉자의 특성

3.1.1. 수중 거리에 따른 고주파수 초음파의 감쇠

Fig. 3은 중심 주파수 80MHz(nominal frequency)의 PVDF 초음파 탐촉자를 사용하여 수중에서 14.8mm 거리의 시편 표면에서 반사된 초음파 신호의 파형과 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다. Fig. 3b에 보이는 파형은 진동 주기가 짧은 광대역 특성의 파형을 보이고 있지만 Fig. 3c의 주파수 특성은 중심 주파수가 약 10MHz이며 약 50MHz 이상의 고주파수 성분은 물에서 감쇠되었음을 나타내고 있다.



Fig 3. (a) Full range signal (hor. : 5 μs/div., ver. : linear)
 (b) The first echo obtained by reflection testing for the top surface of a specimen at the distance of 14.8mm from the PVDF transducer (hor. : 100ns/div., ver.: linear)
 (c) Frequency spectrum of the echo (hor. : 20 MHz/div., ver. : 20dB/div.).



Fig. 4. (a) Full range signal (hor. : 2 μs/div., ver. : linear)
 (b) The first echo obtained by reflection testing for the top surface of a specimen at the distance of 7.4mm from the PVDF transducer (hor. : 50ns/div., ver.: linear)
 (c) Frequency spectrum of the echo (hor. : 20 MHz/div., ver. : 20dB/div.).

Fig. 4는 80MHz PVDF 초음파 탐촉자를 사용하여 시간축에서 7.4mm 거리에서 수중에서 반사된 초음파

신호의 파형과 주파수 스펙트럼이다. Fig. 4b에 보이는 파형은 Fig. 3b의 파형과는 달리 고주파수의 peak들이 나타나고 있다. Fig. 4c에 나타난 주파수 특성에서 중심 주파수는 역시 10MHz 근처이지만 Fig. 3c에 보이는 바와 같이 물에서 감쇠되었던 50MHz이상의 고주파수 성분이 100MHz까지 나타남을 알 수 있다.

Fig. 5는 초음파 탐촉자와 시편과의 시간축상의 거리가 3.7mm에서의 측정된 파형과 주파수 특성을 보여주는데 10MHz 근처의 peak을 무시한다면 비로소 중심 주파수 70MHz 근처이고 약 110MHz까지의 고주파수 신호가 형성되고 있음을 나타낸다.

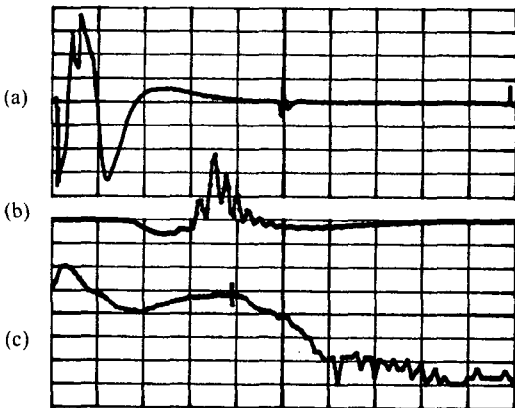


Fig. 5. (a) Full range signal (hor. : $1\mu\text{s}/\text{div.}$, ver. : linear)
 (b) The first echo obtained by reflection testing for the top surface of a specimen at the distance of 3.7mm from the PVDF transducer (hor. : $50\text{ns}/\text{div.}$, ver. : linear)
 (c) Frequency spectrum of the echo (hor. : 20 MHz/div., ver. : 20dB/div.)

초음파의 경로가 짧을수록 즉 초음파 탐촉자와 시편과의 거리가 가까울수록 초음파의 고주파수 성분이 살아남을 알 수 있다. 이 PVDF 초음파 탐촉자를 사용하여 80MHz의 고주파수 성분을 시험체에 입사시키려면 초음파 탐촉자를 시험체 표면에 약 7.4mm 이하로 근접하여야 함을 의미하고 있다.

3.1.2. 크롬-니켈강 시편에서의 고주파수 초음파의 감쇠

Fig. 6과 Fig. 7은 15mm 두께의 크롬-니켈강 시편에 입사하는 초음파와 시편 저면에서 반사한 초음파

와 주파수 파형을 대비하여 나타낸 것이다. Fig. 6은 초음파 탐촉자와 시편의 거리가 1.3mm로 최대한 근접했을 때 초음파가 시편의 표면에서 반사된 신호의 파형과 주파수 특성인데 시편으로 입사하는 초음파는 중심 주파수 80MHz 근처로 고주파수 성분을 지님을 보이고 있다. 그러나 Fig. 7c에 나타난 15mm두께의 시편을 왕복한 초음파는 Fig. 6c의 결과와 비교할 때 시편에 고주파수 성분이 입사되었지만 약 25MHz 이상의 고주파수 성분이 감쇠되어 소멸되었음을 나타낸다. 즉 이 시편의 15mm근방의 결함은 25MHz 이하의 초음파만을 이용하여 측정할 것이 된다.



Fig. 6. (a) Full range signal (hor. : $1\mu\text{s}/\text{div.}$, ver. : linear)
 (b) The first echo obtained by reflection testing for the top surface of a specimen at the distance of 1.3mm from the PVDF transducer(hor. : $50\text{ns}/\text{div.}$, ver. : linear)
 (c) Frequency spectrum of the echo (hor. : 20 MHz/div., ver. : 20dB/div.).

이와 같이 고주파수 성분의 초음파를 이용하여 미세결함을 검출하기 위해서는 초음파 탐촉자와 시편 사이의 거리에 의존하는 초음파의 고주파수 성분의 감쇠와 아울러 시편 내에 고주파수 성분의 감쇠를 고려하여야 한다. 또한 본 논문에는 결과를 나타내고 있지 않지만 전기적인 임피던스 matching과 초음파의 집속 거리도 파형과 주파수 특성, S/N 비에 크게 영향을 주는 인자이므로 검출하고자 하는 결함의 크기와 위치에 따라서 적절히 조절되어야 한다.

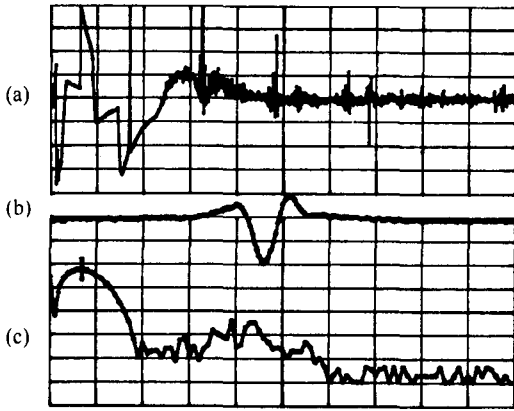


Fig. 7. (a) Full range signal (hor. : 1 μ s/div., ver. : linear)
 (b). The first back wall echo obtained by testing of the Cr-Ni steel specimen 15 mm thick at the distance of 1.3 mm from the PVDF transducer (hor. : 50ns/div., ver. : linear)
 (c) Frequency spectrum of the echo (hor. : 20 MHz/div., ver. : 20dB/div.)

3. 2. 크롬-니켈강의 12mm 깊이에 위치한 결함 검출

3.2.1. C-scan

Fig. 8은 80MHz 초음파 탐촉자를 사용하여 크롬-니켈강 내에 12mm 깊이에 위치한 인공 결함, 직경 400 μ m, 560 μ m, 280 μ m, 200 μ m의 flat-bottom hole을 지닌 시편에 대한 C-scan 결과이며 Fig. 9는 Fig. 8에 잘 나타나지 않은 직경 280 μ m와 200 μ m의 flat-bottom hole을 지닌 시편을 중심 주파수 15MHz의 범용 수침 탐촉자를 사용하여 좁은 면적에 대하여 다시 C-scan 한 결과이다. Fig. 10은 직경 100 μ m와 50 μ m의 flat-bottom hole을 지닌 시편에 대한 C-scan 결과이다. 그림에서 팔호안의 600 μ m는 pre-drill hole이 존재함을 나타낸다.

Fig. 8에서 pre-drill hole이 없이 가공된 직경 400 μ m, 560 μ m, 280 μ m의 flat-bottom hole들이 잘 검출되고 있음을 알 수 있다. Fig. 8과 Fig. 10에서 직경 600 μ m의 pre-drill hole로부터 가공된 직경 200 μ m, 100 μ m, 50 μ m의 flat-bottom hole을 지닌 시편의 경우 오히려 pre-drill hole이 없는 더 큰 직경의 flat-bottom hole에 비해 더 높은 S/N(신호대 잡

음)비로 검출되는 것으로 나타나고 있다. 그러나 이는 C-scan시 gate의 폭 내에서 깊이에 대한 정보가 없으므로 12mm 깊이의 결함에 인접한 깊이에 있는 pre-drill hole을 측정했을 가능성을 나타낸다. 중심 주파수 15MHz의 범용 수침 탐촉자를 사용한 결과인 Fig. 9에서 pre-drill hole이 없이 가공된 직경 280 μ m의 flat-bottom hole이 검출되고 있으며 pre-drill hole을 지닌 더 작은 직경 200 μ m의 경우가 더 크게 검출되는 PVDF 초음파 탐촉자를 이용한 경우와 같은 경향을 나타내고 있다.



Fig. 8. C-scan image for the fine grained Cr-Ni steel with flat-bottom holes of diameter 400 μ m, 560 μ m, 280 μ m and 200 μ m positioned at 12mm depth, where only the hole of diameter 200 μ m was drilled from the pre-drill hole of diameter 600 μ m at 13.4mm depth.

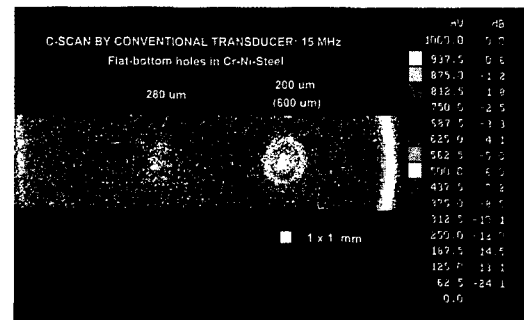


Fig. 9. C-scan image for the fine grained Cr-Ni steel with flat-bottom holes of diameter 280 μ m and 200 μ m positioned at 12mm depth, where only the hole of diameter 200 μ m was drilled from the pre-drill hole of diameter 600 μ m at 13.4mm depth.

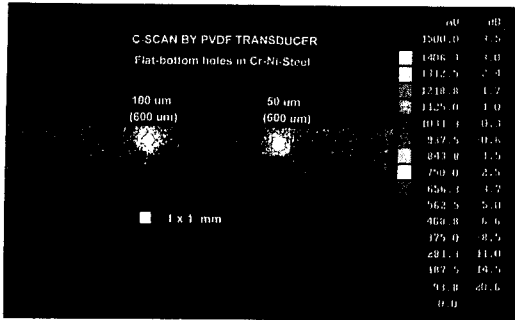


Fig. 10. C-scan image for the fine grained Cr-Ni steel with flat-bottom holes of diameter 100 μm and 50 μm positioned at 12mm depth, where the holes was drilled from the pre-drill holes of diameter 600 μm at 12.7mm and 12.4mm depth respectively.

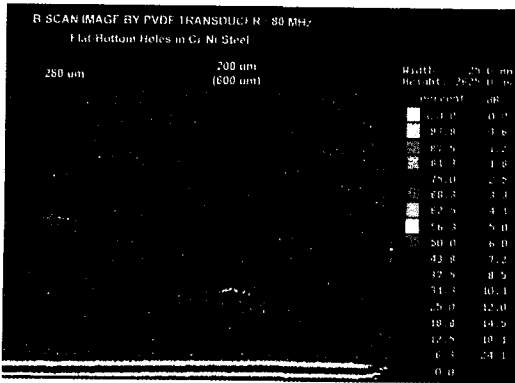


Fig. 11. B-scan image to show the depth profile for flat-bottom holes of diameter 280 μm and 200 μm positioned at 12mm depth, where only the hole of diameter 200 μm was drilled from the pre-drill hole of diameter 600 μm at 13.4mm depth.

3.2.2. PVDF 초음파탐촉자를 사용한 B-scan

C-scan에 의하여 측정된 결함의 깊이에 대한 정보를 알아서 측정 결과가 pre-drill hole에 대한 것인지 아니면 검출을 작은 hole에 대한 것인지를 구별하기 위하여 중심 주파수 80MHz의 PVDF 초음파 탐촉자를 사용하여 B-scan을 수행하였다. Fig. 11은 pre-drill hole이 없는 직경 280 μm 의 flat-bottom hole에 대한 B-scan 결과와 깊이 13.4mm 깊이까지 가공된 직경 600 μm 의 pre-drill hole에서 다시 깊이 12mm까지 가

공된 직경 200 μm 의 flat-bottom hole에 대한 B-scan 결과이다. 또한 Fig. 12는 각각 12.7mm와 13.0mm 깊이의 직경 600 μm 의 pre-drill hole로부터 12mm 깊이 까지 가공된 직경 100 μm 와 140 μm 의 flat-bottom hole에 대한 B-scan 결과이다.

Fig. 11에서 200 μm 의 직경의 결함의 경우 280 μm 의 pre-drill hole이 없는 경우의 결과와 비교할 때 검출된 깊이의 차이가 뚜렷이 나타나고 있어서 pre-drill hole이 측정된 것임을 보여주고 있다. Fig. 12에서 pre-drill hole이 깊어질수록 아래쪽으로 치지는 B-scan image를 보이고 있어서 역시 pre-drill hole이 검출되었음을 알 수 있다.

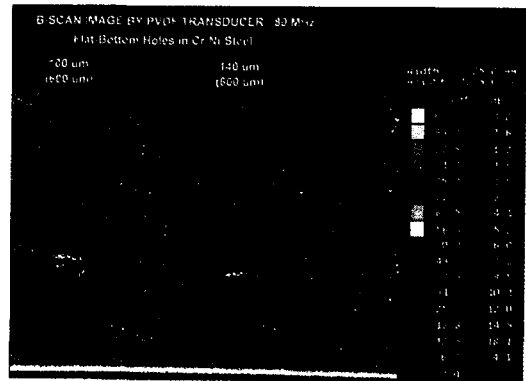


Fig. 12. B-scan image to show the depth profile of flat-bottom holes of diameter 100 μm and 140 μm positioned at 12mm depth, where the holes was drilled from the pre-drill holes of diameter 600 μm at 12.7mm and 13.0mm depth respectively.

이와 같이 크롬-니켈강의 12mm 깊이의 결함들 중 직경이 280 μm 이상인 flat-bottom hole들은 검출되었으나 200 μm 이하의 결함은 검출되지 않았음을 알 수 있다. 크롬-니켈강 시편에서의 초음파의 속도는 5.81km/s이었는데 초음파 탐촉자의 80MHz의 중심 주파수만 계산하면 파장이 72.7 μm 되어 파장보다 3배 가량 큰 200 μm 의 결함도 검출하지 못했다는 것이 된다. 이는 Fig. 6과 Fig. 7의 시편 내에서의 고주파수 초음파가 감소에 대한 설명으로 이해될 수 있다. Fig. 8c에 나타나듯이 시편을 경과하면서 고주파수 성분은 완전히 사라지고 중심 주파수

14MHz이고 약 25MHz 이하의 성분만 남는데 14MHz로 계산했을 때 200 μ m에 대한 파장에 대한 비 0.482 이하는 검출하지 못한 것을 나타낸다. 이는 중심 주파수 15MHz의 범용 수침 탐촉자를 사용한 비교 실험 결과에서 실험적으로 확인할 수 있었다. Fig. 9에 보듯이 15MHz 수침 탐촉자를 사용하여 pre-drill hole이 없이 가공된 직경 280 μ m의 flat-bottom hole이 검출되었으며 본 논문에서 범용 수침 탐촉자를 사용한 B-scan 결과를 나타내지는 않고 있지만 B-scan 측정 결과 200 μ m의 flat bottom hole은 검출되지 않았고 600 μ m의 pre-drill hole만이 검출되었었다. 이는 중심 주파수 80MHz의 PVDF 초음파 탐촉자의 고주파수 성분이 시편 내의 전파 경로에서 감쇠하여 중심 주파수가 약 15MHz인 초음파 탐촉자와 유사한 검출능을 보임을 의미한다.

4. 결론

이와같이 PVDF 압전 재료를 초음파의 발진자로 사용한 중심 주파수 80MHz의 수침용 초음파 탐촉자의 특성을 평가하였고 물과 시편에서의 초음파의 고주파수 성분의 감쇠를 측정하였다. 12mm 깊이에 직경 50 μ m에서 560 μ m 범위의 flat-bottom hole을 가공한 크롬-니켈강 시편에 대해 C-scan과 B-scan을 통하여 결합 검출능을 측정하고 분석하였다. 물과 시험편에서 고주파수 초음파의 감쇠가 심하여 물에서의 초음파 탐촉자와의 거리와 시험편 내부에 검출하려는 결합의 깊이가 결합 검출능을 좌우하는 중요한 변수임을 실험을 통하여 보였는데 80MHz의 고주파수 성분을 시편에 입사시키기 위해서는 초음파 탐촉자를 7.4mm 정도까지 시편에 근접시켜야 하였다. 크롬-니켈강 시편에서 직경 280 μ m 이상의 flat-bottom hole들은 검출되었고 200 μ m 이하의 결합은 검출되지 않았다. 강재에 대한 고주파수의 감쇠에 의하여 실제로 결합에 의하여 산란되고 수집된 초음파의 중심 주파수를 고려할 때 파장에 대한 결합크기의 비가 약 0.48 이하의 영역에는 결합이 검출되지 않았다.

준비한 크롬-니켈강 시편에는 인공결합이 12mm로 깊게 위치하여 약 25MHz 이상의 고주파수 성분이 시편내의 초음파의 전파 경로에서 모두 감쇠되어 시편내의 작은 결합에 대한 검출장을 형성하지 못했음을 보

였다. 더 얇은 깊이에 위치한 시편을 시험한다면 더 작은 결합에 대한 검출장의 형성이 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 독일의 비파괴연구소 IzfP(Fraunhofer-Institute for Nondestructive Testing)에 방문 연구원으로 있으면서 한국표준과학연구원에서 수행중인 "세라믹의 비파괴검사 기술 연구"과제의 부분으로 수행되었다. 시편과 장비를 제공하고 조언과 논의 등 협조하여주신 독일의 IzfP 연구소의 W. Arnold 교수님과 U. Netzelman 박사, S. Fassbender 박사께 감사드립니다.

참고 문헌

1. A. G. Evans, Proc. NATO-ASI Nitrogen Ceramics(1981).
2. S. Pangraz and W. Arnold, Ferroelectrics, Vol. 93(1989), pp. 251-257.
3. H. Ohigashi and K. Koga, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 21, L455(1982).
4. H. Kawai, Jap. J. Appl. Phys., Vol. 8(1984) pp. 856.
5. T. Sato, K. Koyama, S. Ikeda and Y. Wada, Rep. Prog. Polym. Phys. Jpn. Vol. 28(1985), pp. 373-376.
6. K. Sakaguchi, T. Sato, K. Koyama, S. Ikeda, S. Yamamizu and Y. Wada, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 25(1986) Suppl. 25-1, pp. 91-93
7. A. Hayashishita, K. Sakaguchi, T. Sato, K. Koyama, S. Ikeda, Y. Wada, Rep. Prog. Polym. Phys. Jpn. Vol. 29(1986), pp. 385-386.
8. T. Sato, K. Koyama, S. Ikeda and Y. Wada, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 26(1987) Suppl. 26-1, pp. 180-182.
9. A. S. Dereggi and M. G. Broadhurst, Ferroelect., Vol. 73(1987), 351.
10. H. Oshigashi, K. Koyama, S. Takahshi, K. Kimura, Y. Maida and Y. Wada, Ultrasonic Technology 1987, Ed. K. Toda(1987) pp. 63-70.
11. A. Ambrosy and K. Holdik, J. Phys. E: Sci. Instrum., Vol. 17(1984), pp. 856.
12. H. Oshigashi, J. Appl. Phys., Vol. 47(1976), pp. 949.

Characteristics of High Frequency Ultrasonic Transducer Employing Polyvinylidene Fluoride and Detectability of Flaw in Cr-Ni Steel

Byoung-Geuk Kim and S. S. Lee

NDE Group, Failure Prevention Research Center

Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon, 305-600

Abstract Recently high frequency ultrasonic transducers to employ polyvinylidene fluoride(PVDF) or polyvinylidene fluoride trifluoroethylene P(VDF-TrFE) have been used to detect small flaws in immersion testing. The detection field depending on the water path between the transducer and a specimen and the path in a tested specimen was measured using a PVDF transducer with nominal frequency 80MHz. Also, C-scan and B-scan were performed for the specimens made of Cr-Ni steel with the artificial flaws, the flat-bottom holes with diameter ranging from $50\mu\text{m}$ to $560\mu\text{m}$ at 12mm depth. As the result, the flaws with diameter larger than $280\mu\text{m}$ were detected, but the flaws with the ratio of diameter to wavelength smaller than about 0.48 were not detected. That the smaller flaws could not be detected was attributed to the attenuation of high frequency components in the steel specimens.