

비접촉 초음파 탐상기법을 이용한 스폿용접부 및 탄소복합체의 내부 결함평가

곽남수¹, 이승철^{2*}

¹조선대학교 첨단부품소재공학과, ²조선이공대학교 전산응용기계과

Internal Defection Evaluation of Spot Weld Part and Carbon Composite using the Non-contact Air-coupled Ultrasonic Transducer Method

Nam-Su kwak¹, Seung-Chul Lee^{2*}

¹Dept. of Advanced parts & materials Engineering, Chosun University

²Dept of Applied & Computational Mechanics, Chosun College of Science & Technology

요 약 NAUT(Non contact Air coupled Ultrasonic Testing)기법은 초음파 탐상법 중의 하나로서 공기중 음향 임피던스의 차이로 생기는 에너지 손실을 High Power 초음파 Pulsar Receiver, PRE-AMP, 고감도의 탐촉자로 보완하여 비접촉식으로 초음파 탐상을 가능하게 하는 탐상 방법이다. NAUT는 초음파의 송신 및 수신이 안정된 상태에서 이루어지므로 기존의 접촉식 탐상으로는 불가능하였던 고온, 저온의 물질이나 시험편의 표면이 거친 부분, 좁은 지점 등에서도 탐상이 가능하다. 본 연구에서는 NAUT기법의 산업체 실용여부를 알아보기 위해 자동차생산 공정에서 많이 사용하는 스폿용접부 및 CFRP 제품에 있어 상용화 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다. 본 연구에서는 NAUT기법의 사용 여부를 알아보기 위해 자동차 부품에서 많이 사용하는 스폿용접부 및 CFRP 부품의 내부결함 검출을 검출하였다. 스폿용접부에서는 초음파의 투과율이 높아 적색으로 나타났으며, 복층으로 된 부분은 투과율이 낮아 청색 화상이 나타났다. 또한 측정 속도를 결정하는 중요요소인 PRF(Pulse Repetition Frequency;송신펄스주기)에 따라 색상 선명도의 차이를 보였다. CFRP 시험편 또한 화상장치를 통해 취득된 각 화상 결과를 보고 내부 결함의 모양, 크기, 위치 등의 파악이 단시간에 가능하였다. 실험을 통해 NAUT기법과 화상화가 동시에 이루어짐을 확인하였고, 스폿 용접부와 CFRP 탐상에 NAUT의 적용이 가능한지 그 실현여부를 확인하였다.

Abstract The NAUT (Non-contact Air coupled Ultrasonic Testing) technique is one of the ultrasonic testing methods that enables non-contact ultrasonic testing by compensating for the energy loss caused by the difference in acoustic impedance of air with an ultrasonic pulser receiver, PRE-AMP and high-sensitivity transducer. As the NAUT is performed in a state of steady ultrasonic transmission and reception, testing can be performed on materials of high or low temperatures or specimens with a rough surface or narrow part, which could not have been tested using the conventional contact-type testing technique. For this study, the internal defects of spot weld, which are often applied to auto parts, and CFRP parts, were tested to determine if it is practical to make the NAUT technique commercial. As the spot welded part had a high ultrasonic transmissivity, the result was shown as red. On the other hand, the part with an internal defect had a layer of air and low transmissivity, which was shown as blue. In addition, depending on the PRF (Pulse Repetition Frequency), an important factor that determines the measurement speed, the color sharpness showed differences. With the images obtained from CFRP specimens or an imaging device, it was possible to identify the shape, size and position of the internal defect within a short period of time. In this paper, it was confirmed in the above-described experiment that both internal defect detection and image processing of the defect could be possible using the NAUT technique. Moreover, it was possible to apply NAUT to the detection of internal defects in the spot welded parts or in CFRP parts, and commercialize its practical application to various fields.

Key Words : CFRP, Lamella Tearing, NAUT, NDE, Spot Welding Part

*Corresponding Author : Seung-Chul Lee(Chosun College of Science & Technology)

Tel: +82-62-230-8200 email: cjl9400@cst.ac.kr

Received October 6, 2014

Revised (1st October 31, 2014, 2nd November 3, 2014)

Accepted November 6, 2014

1. 서론

초음파 신호는 시험 재료의 내부구조에 따라 매질 자체에 흡수되기도 하고, 불균일한 입자들의 영향으로 산란되기도 한다. 또한 경로 상에 조직의 불연속성이나 불균질성을 만나게 되면 반사를 일으킨다. 초음파가 매질 속의 결함을 만나게 되면 결함의 형태, 초음파 주파수, 신호의 입사각등에 따라 복잡한 형태의 반사 신호를 생성한다[1].

반면 비접촉 공중 초음파 검사(Non contact Air coupled Ultrasonic Testing, NAUT)는 초음파 탐상법 중의 하나로서 공기 중의 음향 임피던스의 차이로 생기게 되는 에너지 손실을 High Power 초음파 Pulsar Receiver, PRE-AMP, 고감도의 탐촉자로 보완하여 비접촉식으로 초음파 탐상을 가능하게 하는 탐상 방법이다 [2]. 일반적으로 초음파 탐상을 할 때 사용하는 접촉식 기법을 적용하여 탐상을 수행하지만, 이 방법은 접촉매질(couplant) 없이도 초음파 탐상이 가능한 방법이다. NAUT는 초음파의 송신 및 수신이 안정된 상태에서 이루어지므로 상온 기준으로 기존의 접촉식 탐상으로는 불가능하였던 고온(200℃), 저온(-10℃)의 물질이나 시험편의 표면이 거친 부분, 좁은 지점 등에서도 탐상이 가능하다.

2. 자동 스캔 화상장치

2.1 시스템의 개요

접촉매질을 사용하여 탐상을 수행하는 기존의 초음파 탐상 기법에서는 시험편과 탐촉자 사이의 접촉상황의 영향을 받기 쉽다. 따라서 이에 대응하여 기존에는 적용이 곤란했던 고온 및 저온재료의 부식 검사, 곡면을 이용한 항공기·자동차용 탄소섬유 복합재료의 박리검사 등을 물 등의 접촉매질을 이용하지 않는 등 제약을 거의 받지 않고 비접촉 기법으로 탐상이 가능한 NAUT를 응용한 비파괴평가 시스템을 본 연구에 적용하였다. 본 시스템은 Fig. 1과 같이 고감도의 air probe(0.4K20NR38, 0.4K14X20N). 초음파 Pulsar Receiver(JPR-300B, PRE-AMP(JPR-60A) 및 고속 디지털타이저(NI PXI-1033, PXI-5114, PXI-6602) 등으로 구성되어 있어 고속 대용량의 디지털 데이터 처리가 가능하며, 구형 Burst 파를 사용하여 고감도의 송신 프로브와 수신 프로브를 통해 측

정된 고체와 공기간의 음향임피던스 차이를 Labview 기반의 DLL소스 코딩된 측정 프로그램에서 디지털 신호 처리된 초음파 투과율로 재료의 내부 결함의 크기 및 위치 등을 검출 할 수 있다. 2축으로 구성된 정밀스테이지를 통하여 최대 400mm×400mm의 평면을 0.1~20mm pitch(0.1mm step), 1~300mm/sec(1mm/sec step)로 스캔하는 화상화가 가능하다[3]. 또한 LabVIEW를 설치한 컴퓨터와 probe를 장착한 자동 스캐너 장치, 확장 하드웨어로 구성된 자동 스캐너의 제어 시스템과 데이터를 모아서 기록하는 시스템으로 구성되어 있다. 검사 대상물을 고정시키는 스테이지의 X축/Y축 제어, 펄스 신호의 수신, 해석, 데이터의 출력까지 가능하다. 또 시스템의 다양한 채널화가 가능하여 이와 같은 대응이 가능하다.

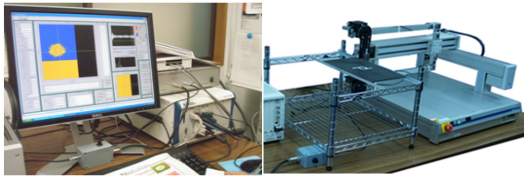


[Fig. 1] The composition of auto image inspection system

3. NAUT 화상 탐상

3.1 화상 탐상 절차

비접촉 공중 자동 결함 scan 시스템을 이용한 결함 화상화 방법은 Fig. 2와 같이 NI Controller와 장치의 전원을 켜고 화상 S/W를 실행시킨 후 정밀스테이지 통신상태 설정, 디지털타이저 세팅, Pulse Counter 세팅, 측정 조건 설정값을 입력한다. 실행 프로그램을 통해 원점복귀, 기준위치 이동 등을 수행하여 결함 화상 탐상 이전의 조건과 일치시킨다. Pulsar Receiver 설정 화면에서는 구형 Burst 투과 신호를 A-Scope 로 검출하기 위해서 Gain Frequency, Voltage, Wave Number, LPF, HPF, 등을 조정하고 측정 범위 설정 화면에서 측정 원점, 대각점, pitch, 속도 등을 설정한다. 위와 같은 조건이 충족되었을 때 화상 스캔을 수행한다. 이와 같이 scan이 시작되면 송신 전압, 주파수, 파수, 화상 수평위치, 수평시간, gate 위치를 통해 화상결과를 파악한 후 최종 화상을 취득한다.

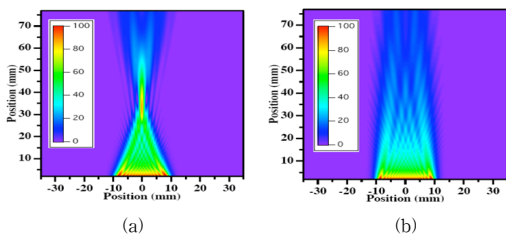


[Fig. 2] Auto scanning equipment

3.2 공중 초음파 파형 해석

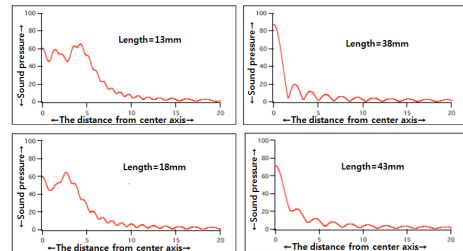
집속형 초음파 프로브의 음장 발생형태와 음압 및 감쇠특성을 FEM 해석기법을 이용하여 전자기장 해석을 수행하여 초음파 프로브 선정사항에 따라 집속전파 음장 해석을 분석하였다. 초음파 집속전파 음장해석을 위해 FEM 상용 코드인 ANSYS v12.0(Multiphysics)을 이용하여 해석을 수행하였으며, 초음파 프로브 내의 초음파 진동자(음향매질)와 공기층(전달매질)간의 FSI 고려한 음장해석이 가능하다. 시뮬레이션의 경계조건으로 초음파 프로브는 0.2K25 × 25N, 0.4K14 × 20N, 0.8K14 × 20N 의 3 종류로, 진동자 재질은 압전세라믹스 재질이며, 주파수는 공칭 주파수 200KHz, 400KHz 및 800KHz 별로 구분하여 음장해석을 진행하였다. 3개의 초음파 프로브 시뮬레이션 조건을 선정하여 해석을 진행한 이유는 실제 초음파 프로브의 타입에 따라 음향 임피던스 감도차이 발생하고 점집속과 평면 탐촉자에 따라 초음파 입사 형태 및 입사 거리가 변화 하므로 음압과 집속상태를 분석할 필요가 있기 때문이다.

점집속 탐촉자와 평면 탐촉자의 음장을 계산한 결과를 Fig. 3에 나타내었으며, 점집속 근방의 음압이 높고 빔이 잘 집속되고 있음을 알 수 있다. 점집속탐촉자는 축대칭을 위한 편축의 정도를 보이고 있으며, 근거리에서는 빔 직경이 크고 집속근방에서는 빔 직경은 약 2mm정도로 분석되었다.



[Fig. 3] Comparison of sound field between point focus type probe and flat type probe
(a)Point focus type probe (b)Flat type probe

집속탐촉자의 집속점 근방 및 근거리에서의 음압분석 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 실험에 사용될 송신 초음파 탐촉자와 수신 초음파 탐촉자의 집속점 위치 0~20mm까지 이동하고, 2개의 탐촉자간의 집속거리 13mm, 18mm, 38mm, 43mm으로 음압분석 진행하였다. 시뮬레이션 분석결과 집속거리 38mm, 집속점 근방에서 가장 큰 음압분포를 보이고 있음 확인할 수 있었다. 또한, 레일리 적분에 따라 진동자의 미소요소로부터 원통과면이 출력되고 있어 음압을 모두 계산할 수 있다.



[Fig. 4] Application of near sound field from focus type probe

$$p = i\omega\rho \int_s \frac{e^{-ikr}}{r} ds \quad (1)$$

여기에서, ω : 각주파수, ρ : 재료밀도, S: 진동자면, r : 미소면적 ds 와 관측위치 거리이다[4,5].

3.3 공중 초음파 투과 실험

본 연구에서 투과실험은 자동차 생산공정에서 많이 사용하는 스폿용접부와 연료효율을 고려 차체충량감소에 많이 사용하는 CFRP복합재료의 내부 결함 있어 비접촉식 초음파 탐상기법 적용 및 실용화를 여부를 확인해보았다. spot 용접은 용접 대상에 전류를 통해 발생하는 전기저항열로 용융상태를 만들고 외력을 가해 두 개의 전극 사이에 2,3장 이상의 금속판을 겹쳐놓고 가압하는 전기저항 용접법으로 자동차 생산라인에서 가장 기본이 되는 접합 공정이다. 자동차 부품은 물론 차체까지 모든 판재의 접합에 적용되고 있다.

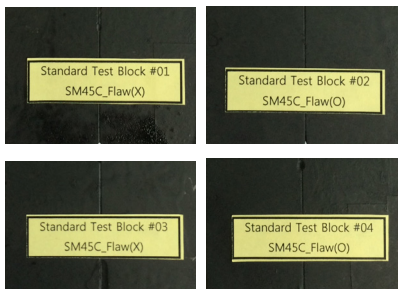
CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)는 복합재료의 한 종류로 탄소섬유를 Epoxy와 같은 고분자 수지 내부에 보충하여 강도를 향상시킨 섬유강화 플라스틱으로 금속보다도 약 50%정도 가볍고 강도가 높아 친환경자

동차의 부품소재로 주목 받고 있다. 그러나 섬유강화 고분자 복합재료는 층간 박리 결함에 따라서 강도가 크게 변화하는 소재이기 때문에 비파괴평가 수행의 필요성이 있다[6].

따라서 spot 용접부와 CFRP의 탐상이 비접촉 공중 초음파 탐상으로 가능하게 된다면 고능률의 스폿 용접부에 대한 정확한 탐상이 이루어질 수 있으며, 품질, 사용원료 제품의 득률 및 능률의 향상에 따른 조기 탐상의 실현이 가능해지기 때문에 친환경 자동차에도 적용이 가능하다. 또한 NAUT는 기존의 CFRP 탐상에 적용했던 수침법과 같이 물과 같은 매질 없이도 비파괴 검사가 가능하기 때문에 제조공정에 도입하는데 용이할 뿐만 아니라 실시간으로 결함 확인이 가능하므로 시간과 비용의 절감효과가 크다. 이를 통해 스폿 용접부와 CFRP 탐상에 NAUT의 적용이 가능한지 그 실현여부와 실용화를 확인하였다.

스폿용접부 및 CFRP 시험편의 비접촉 초음파 탐상 검사 결과의 신뢰성 확보 및 NAUT 검사장비의 재현성 검증을 위하여 표준 시험편의 기초실험을 수행하였다. 표준 시험편의 소재는 SM45C이고, 60mm×150mm×3t 크기의 4개의 표준시험편을 제작하였다. 표준시험편은 인공결함의 유무, 인공결함형태 및 크기에 따라 다음과 같이 제작했다.

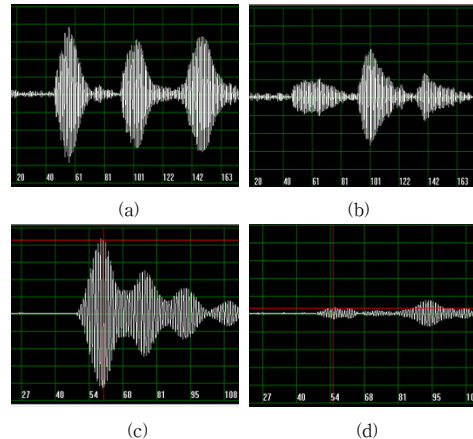
인공결함이 존재하지 않은 표준시험편 #1(t=1mm), #3(t=2mm), 원형 인공결함(D=4mm, 3mm, 2mm, 1mm) 존재하는 표준시험편 #2, 원형과 직사각형 인공결함(D=2mm, 1mm×10mm) 결함된 표준시험 #4이다. Fig.5는 제작된 표준시험편 #1~#4을 나타내고 있다.



[Fig. 5] Manufactured standard test block

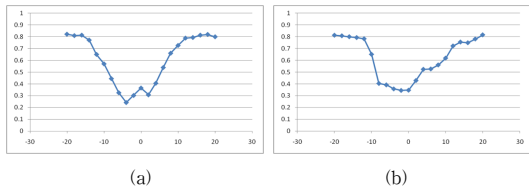
Fig. 6은 표준시험편의 비접촉 공중 초음파 탐상 검출 실험을 통해 파형을 분석한 결과이며, 초음파 표준시험편 a, b의 파형의 모습이고 결함있는 부분과 없는 부분의 파형을 출력한 것이다. 시험편의 재료사이에 공기층

이 생겨 층간박리가 일어났는데 그 부분에 초음파를 투과하면 결함 없는 부분은 초음파가 투과하여 파형이 잘 나타나지만 결함 있는 부분은 없는 부분의 비해 초음파의 투과율이 확연히 낮아지기 때문에 이를 이용하여 결함을 검출 할 수 있다. Fig. 6(b)에서 볼 수 있듯이 표준시험편 #2의 경우는 중앙 부분의 초음파의 진폭이 매우 감소하는 것을 보아 그 범위에 결함이 있음을 알 수 있으며, Fig. 6(d)에서와 같이 표준시험편 #4의 경우는 표준시험편 #2보다 넓은 부분에서 진폭의 감소가 보이고 있다. 따라서 표준시험편 #4는 더욱 넓은 결함이 있음을 알 수 있었다. 실험결과에서 볼 수 있듯이 표준시험편 #4는 표준시험편 #2보다 결함형태 및 크기가 현저히 크므로 초음파 투과 시 투과율이 급격히 감소하고 있다.

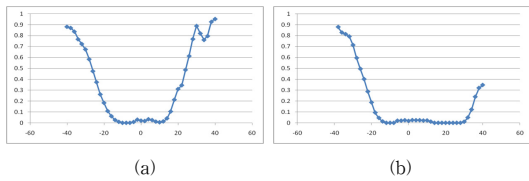


[Fig. 6] Comparison of A-Scan Waveform in accordance with the defects
(a) test block #1 (b) test block #2
(c) test block #3 (d) test block #2

Fig. 7 - 8은 표준시험편 #1, #3의 초음파 프로브 위치와 투과측정 위치에 따른 실험결과를 나타내고 있다. 비접촉 공중 초음파 탐상 실험 시 탐상 진행방향과 초음파 프로브 위치 및 투과 측정거리에 따라 진폭의 변화가 발생하므로, 신뢰성 있는 결함신호를 검출하기 위해서 초음파 프로브의 특성과 투과 측정 거리를 적절히 선정해야 된다. 초음파 프로브 인가전압은 300V, Frequency 400kHz, Dumping 100ohm, Wave Number 5, Sensor Type Twin-T, 초음파 집속거리 80mm±2mm 로 설정하여 실험을 진행하였다.(12번 코멘트) 실험결과에서 볼 수 있듯이 초음파 탐상 방향에 따라 초음파 진폭의 변화가 있음을 확인 할 수 있었다.



[Fig. 7] Comparing the amplitude of standard test block in accordance with the position and the measuring position(#1, -40~40mm, 2mm pitch)
(a) X-Axis (b) Y-Axis



[Fig. 8] Comparing the amplitude of standard test block in accordance with the position and the measuring position(#3, -40~40mm, 2mm pitch)
(a) X-Axis (b) Y-Axis

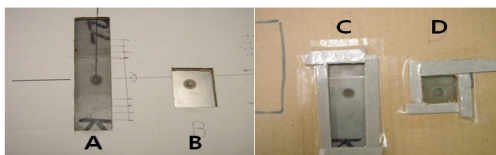
3.4 스폿 용접부

3.4.1 스폿 용접부

NAUT 화상탐상을 하는데 사용된 spot 용접시험편 A,B,C,D를 Fig. 9에 나타내었다. 스폿 용접 시험편을 스폿 용접부를 중심으로 두꺼운 부분, 두껍진 부분, 스폿 용접부, 얇은 부분으로 나누어 각 부분에 대한 탐상을 수행하기 위해 조건에 맞추어 마스크지에 부착하였다.

마스크지를 부착하는 것은 비접촉 공중 초음파 탐상 시 입사된 초음파가 스폿용접 시험편의 표면을 따라서 초음파가 방출되는 현상이 발생되어지며, 이는 투과율 손실이 발생되고 공기 중에 임피던스 차이가 현저하게 감소되어 고출력 감도를 가지는 송신 부 초음파 프로브가 결합 신호를 검출할 수 없게 되어 진다[7].

따라서 스폿용접 시험편의 표면의 따라 방출되어 지는 초음파 신호를 차단하기 위한 목적으로 마스크지를 부착한다. 마스크지를 부착함으로써 고감도의 초음파 투과신호를 측정하여 내부 결함 검출을 용이할 수 있는 장점이 있는 것이다.



[Fig. 9] Spot Welding Specimen A,B,C,D

A시험편은 위에서 설정한 부분 모두를 탐상할 수 있도록 마스크지에 부착한 것이며, B시험편은 스폿용접부의 주변부와 spot 용접부를 탐상하는 조건에 맞추어 마스크지에 부착한 것이다. C시험편은 A시험편의 주위와 경계부분을 보강하였고 D시험편은 B시험편의 주위와 경계부분을 보강한 것이다.

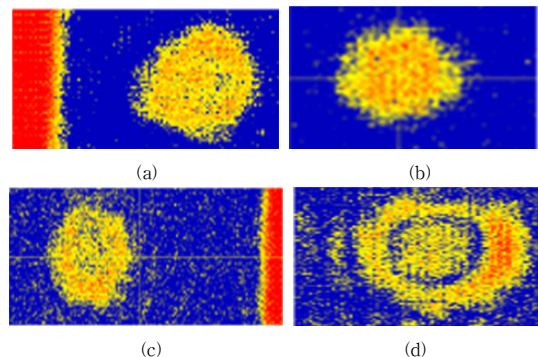
3.4.2 탐상조건 및 결과

스폿용접부의 화상탐상 수행에 앞서 Averaging count, Gain, Trigger mode 등과 같은 화상탐상조건을 Table 1에 제시하였다.

[Table 1] The image inspection condition of spot welding specimen A,B,C,D

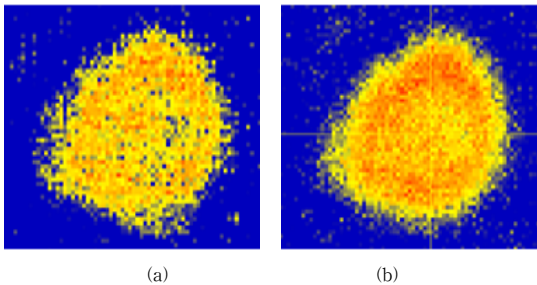
Condition	Specimen			
	A	B	C	D
Averaging count	35	8	8	10
Gain(dB)	45.5	45.5	49.9	49.9
Trigger mode	Ext 1-Trig 32-Pulse klz			
Tx freq(kHz)	350			
Scanning pitch	0.2mm			
Scanning speed	15mm/sec			

Fig. 10과 같이 초음파의 투과율이 높을수록 적색, 투과율이 낮을수록 청색으로 화상이 나왔으며, 이에 따라 시험편의 얇고 한 겹인 부분의 투과율이 높아 적색으로, 두 겹으로 된 부분은 투과율이 낮아 청색으로 나왔다. 하지만, spot 용접부는 투과율이 높아 적색이나 황색으로 나와서 쉽게 spot 용접부임을 확인할 수 있다.



[Fig. 10] The image inspection result of spot welding specimen A,B,C,D
(a) Specimen A (b) Specimen B
(c) Specimen C (d) Specimen D

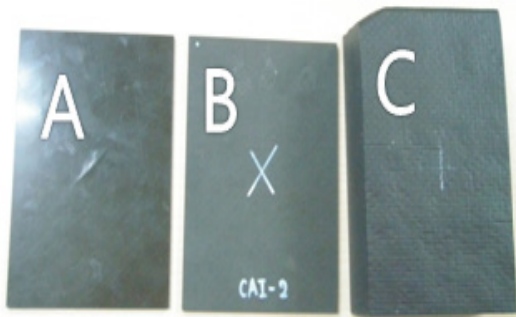
각 spot 용접 시험편 A,B,C,D의 화상탐상 수행 결과 Fig. 11에서와 같이 친척히 스캔한 쪽의 부드러운화상의 취득이 가능하였다. 여기에서 PRF(Pulse Repeation Frequency, 송신펄스주기)가 scanning 속도를 결정하게 되는데 이 주기가 짧기 때문에 송신펄스와 투과펄스가 겹쳐 Fig. 11(a)와 같이 화상이 거칠게 나오는 반면, 주기가 길기 때문에 송신펄스와 투과펄스가 겹치지 않아 Fig. 11(b)와 같이 더 부드러운 화상을 취득할 수 있다.



[Fig. 11] Gain image according to PRF period
(a) PRF 1kHz (b) PRF 0.1kHz

3.4.3 CFRP 시험편 및 탐상조건

NAUT 기법이 CFRP 시험편에도 적용이 이루어지는 지 그 여부를 확인하기 위한 탐상을 수행했다. 탐상 결과를 검증시켜줄 CFRP 시험편 3개를 Fig. 12와 같이 A,B,C로 지정하여 각 시험편에 대한 탐상을 시도했다. A, B 시험편은 폭 100mm, 길이 150mm이고 두께는 각각 3mm, 4mm이다. A는 중앙 부분에 결함 층간박리가 존재하며, B는 A의 결함보다 더 넓은 결함이 분포되어 있다. 후판재의 실험을 위해 C시험편은 폭 90mm, 길이 150mm, 두께 48mm이며, 내부에 불균일한 상태의 결함이 있고 화상탐상 실험 조건은 Table 2에 제시하였다.



[Fig. 12] CFRP specimen A,B,C

[Table 2] The image inspection condition of CFRP specimen A,B,C

Specimen Condition	A	B	C
Averaging count	10		
Gain(dB)	27.9	23.2	21.6
Probe	Focus type 0.4K20NR38		0.4K14X20N
Tx freq(kHz)	360	360	400
Scanning pitch	0.2mm		
Scanning speed	100mm/sec		

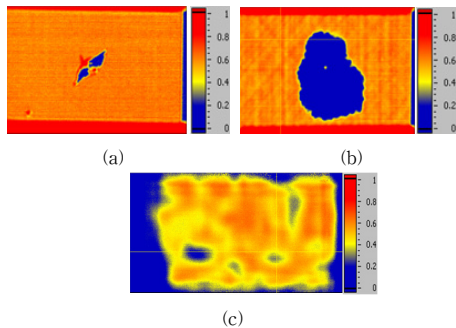
3.4.4 탐상방법 및 결과

장치의 전원을 켜고 화상 S/W를 실행하여 탐촉자를 기준위치로 이동 후 Pulser Receiver 설정 화면에서 송신 전압, 주파수, 파수, gain 등을 조정하고 측정 범위를 Table 1, 2의 실험조건으로 scan을 실행하여 취득한 화상을 파악하였다. 화상에서 나타나는 컬러는 투과율에 따라 다르게 나타나는데 투과율이 높은 부분은 적색, 낮은 부분은 청색으로 보인다. 화상 좌우의 청색 부분은 시험편과 지지판이 겹쳐진 사이에 공기층이 생겨 초음파의 투과율이 낮아진 부분이므로 청색으로 보인다. 한편, 시험편을 벗어난 부분은 공기중의 상태이므로 초음파 투과율이 높게 되기 때문에 적색으로 보이며, CFRP시험편의 층간 박리 부분의 경계면은 황색으로 보인다. 결함 부분은 초음파 투과율이 낮기 때문에 청색으로 보인다. 이와 같이 취득된 화상을 통해 시험편 내부에 존재하는 결함의 모양과 크기파악이 가능하다는 것을 알 수 있다[2].

Fig. 13은 자동 스캔 장치를 사용하여 취득한 CFRP 시험편A,B의 화상탐상 결과이다. A시험편의 각 부분에 따른 컬러로 보아 중앙의 결함 부분은 투과율이 낮아지므로 청색으로 나타나며 그 경계면은 황색으로 나타난 것을 보아 내부에 층간박리 결함이 존재한다는 것을 화상을 통해 자세한 파악이 가능하였다. B시험편 역시 중앙의 결함 부분이 두드러지게 청색으로 나타난 것으로 보아 A시험편보다도 더 크고 넓은 결함의 존재여부를 확실히 파악할 수 있다.

CFRP 시험편C는 A,B 시험편과는 다르게 두께가 48mm로 매우 두껍기 때문에 탐상할 때 사용하였던 점접속 탐촉자를 평면 탐촉자로 교체하고 감도를 상향조정된 후 탐상을 수행하였다. A,B 시험편의 화상결과와는 다르게 평면 탐촉자를 사용한 결과 좀더 거친 화상이 취득되었다. 이를 통해 점접속 탐촉자가 평면 탐촉자보다 분해능

이 높다는 것을 알 수 있다. 화상의 상하좌우에 파란색으로 나타나는 부분은 시험편이 매우 두껍기 때문에 가장 자리에서 초음파의 경로가 휘어져 속도가 늦어지고 게이트의 범위로부터 벗어나기 때문에 청색으로 나타난다. 시험편이 얇을 경우에는 초음파 투과율이 높아지므로 적색으로 보여지기 때문에 이러한 현상은 나타나지 않는다.



[Fig. 13] The inspection result of CFRP specimen
 (a) CFRP specimen A (b) CFRP specimen B
 (c) CFRP specimen C

4. 결론

NAUT는 수침법에 비해 자동화공정에 적용하는 것이 용이하므로 자동차의 제조공정에 적용하여 비용절감과 품질향상에 기여할 수 있다. 게다가 앞으로 친환경자동차 부품소재인 CFRP의 사용비중이 커질 것을 고려하면 비접촉초음파탐상기술의 가치는 높아지게 될 것이다.

자동 scan 화상장치를 통해 취득화상의 색의 변화를 보고 그 부분의 두께와 위치를 파악했다. 초음파의 투과율이 높을수록 적색, 낮을수록 청색으로 보였으며, spot 용접부는 적색이나 황색으로 나와 쉽게 용접부임을 알 수 있다. 그리고 천천히 스캔을 진행할수록 화상이 더 선명하게 되며 측정 속도를 결정하는 중요요소인 PRF(Pulse Repeation Frequency; 송신펄스주기)에 따라 다른 화상이 취득되었다. CFRP 시험편 또한 화상장치를 통해 취득된 각 화상 결과를 보고 내부 결함의 모양, 크기, 위치 등의 파악이 단시간에 가능하였으며, NAUT 기법과 화상화가 동시에 이루어짐을 확인하였다. NAUT 화상탐상을 수행할 경우 분해능이 좋은 점접속 탐촉자를 사용할 경우 고해상도의 화상 취득이 가능해지므로 더 정밀한 검사 수행이 가능하다.

References

- [1] M.W. Nam, Y.S. Lee, O. Y. Yang, "Development of 3D Image Processing Software using EMD Ultrasonic NDE", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 6, pp. 1569, 2008
 DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2008.9.6.1569>
- [2] Sadayuki, Takahashi, "Ultrasonic imaging using air-coupled P(VDF/TrFE) transducers at 2 MHz" *Ultrasonic Vol. 49*, pp 495-498, 2009
 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultras.2008.10.020>
- [3] Y.G. Kim, B.Y. Ahn, S.S. Lee, "Automatic Noncontact Ultrasonic Inspection Technique" *Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing. Vol. 13, No. 4*, pp.25-31, 1994.
- [4] S.W. Choi, J.H. Lee, Y.H. Cho, "Application of Laser - based Ultrasonic Technique for Evaluation of Corrosion and Defects in Pipeline" *ournal of the Korean Society for Nondestructive Testing. Vol. 25, No. 2*, pp.95-102, 2005.
- [5] T.Masakazu, T.Osamu, H.Hidekazu, O.Yukio, N.Hideo, K.Koichiro, "Characteristics of Probes for Non Contact Air coupled Ultrasonic Testing," *Proceedings of the 17th Symposium on Ultrasonic Testing of Japanese Society for Non-Destructive Inspection, 6-3*, pp.81-86, 2010.
- [6] J.H. Lee, S.W. Choi, J. H. Byun, "A Study on Non - contacting Ultrasonic Testing for Inspecting Delamination in CFRP" *Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing. Vol. 24, No.3*, pp.23-30, 2007.
- [7] I. K. Park, "Ultrasonic C-scan Technique for Nondestructive Evaluation of Spot Weld Quality" *Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing. Vol. 14, No. 2*, pp. 112, 1994.

곽 남 수(Nam-Su Kwak)

[정회원]



- 2006년 2월 : 조선대학교 정밀기계 공학과 (공학사)
- 2008년 2월 : 조선대학교 대학원 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2013년 9월 : 조선대학교 첨단부품 소재공학과 (정밀기계설계 전공 박사수료)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학교 전산응용기계과 시간강사

<관심분야>

초정밀 구동 시스템 설계, 비접촉 초음파 검사 유한요소법

이 승 철(Seung-Chul Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 조선대학교 기계공학과 (공학사)
- 2005년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2010년 8월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학교 전산응용기계과 강의전담교수

<관심분야>

기계설계, 기계제조