

의학용 초음파검사기에 의한 MoSi₂의 미소결함 탐상

A Study on Detection of Small Defects for MoSi₂ by Medical Ultrasonic Testing

남궁재관*·김 유 철**

Chai-Kwan Namkoong·You-Chul Kim

ABSTRACT

Detection of small defects by medical ultrasonic testing when the thermal sprayed coating by MoSi₂ on the metal is done. The defects may occur at the bonded surface. So, the detecting method of the defects by non-destructive inspection is desired. Here, in order to examine the possibility of the detection of the small defects by the ultrasonic. The electronic scanning ultrasonic equipment using an array probe developed as the medical ultrasonic diagnostic equipment is applied for the detection of the metal material defects. It's validity is investigated.

1. 서 론

MoSi₂는 고온강도가 높기 때문에 MoSi₂ 용사재를 고온구조재, 고온로재, 고온차폐재 등으로서 이용됨이 적합하다고 고려되어지고 있다. 그런데 용사복합재료는 필연적으로 각종결함이 생길 가능성이 있다. 그 중에서도 MoSi₂는 취성재이며, 수십 μm 의 결함의 유무가 이음강도에 영향을 미치고 있음이 알려져 있고, 비파괴적 방법에 의한 미소결함 검출법의 확립이 강하게 요망되어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 초음파에 의한 미소결함 검출의 가능성을 찾아내기 위해, 의료용으로 개발된

전자 주사식 초음파 탐상장치에 의한 철강재료탐상의 가능성을 검토해 보았다.

2. 실험방법

2.1 초음파 탐상장치

전자주사식 초음파 탐상법^{1,2)}은 복수개의 진동자로부터 구성된 아레이탐촉자의 각 진동자를 전자스위치에 의해 순차적으로 바꾸어가며 탐상하는 방법이다. 이를 위해 초음파를 편향시켜 초점거리를 바꾸어 볼 수 있다.

* 서울산업대학교 기계설계학과

** 오오사카대학 용접공학연구소

이와 같은 특징을 고려하여 의료용으로 개발된 전자 주사식 초음파 탐상장치³⁾를 철강재료의 결함 탐상에 응용하면 유리하다고 판단되어 시도하였다. 사용된 탐상장치(1株)日立メディコ EUB-405의 진동자는 106개였다. 초음파 반사에 코-강도를 휘도변조하였고, 결과는 화상표시를 할 수 있도록 되어있다(Fig. 1).

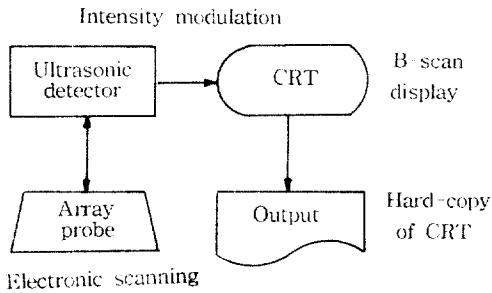
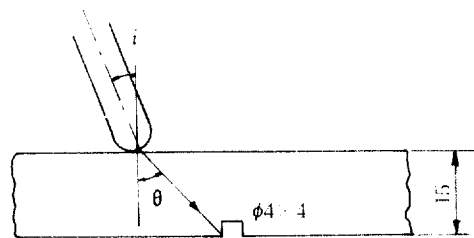
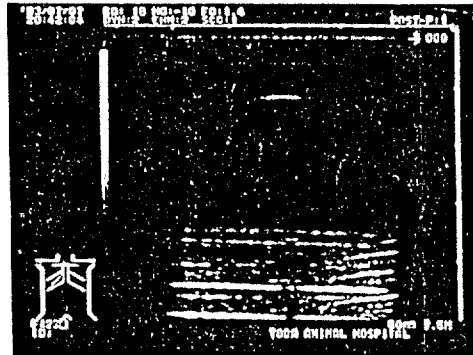


Fig. 1 Electronic scanning ultrasonic equipment



angle of incidence(i) : 19.7°
 angle of refraction (θ) : 45° (mm)
 Length of beam (L) : 21.2

Fig. 3 0.5 skip detecting

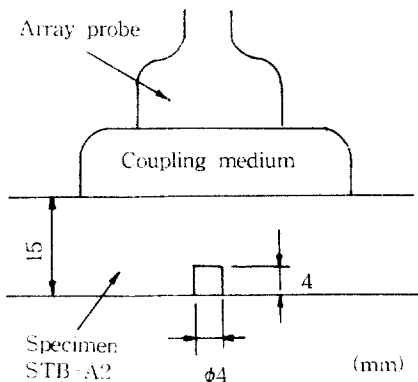
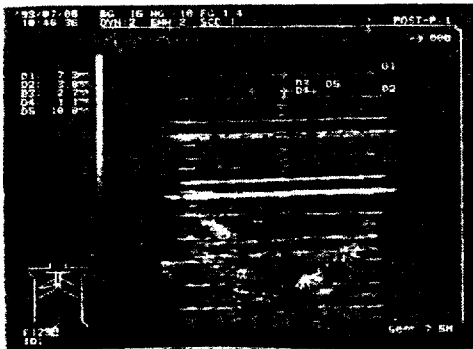
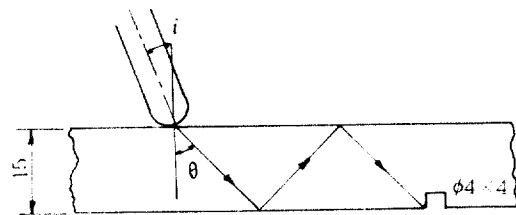
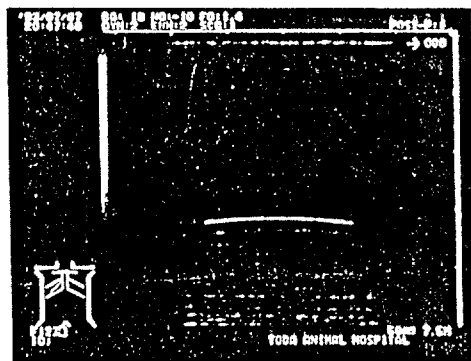


Fig. 2 Compressional wave detection



angle of incidence(i) : 19.7°
 angle of refraction (θ) : 45° (mm)
 Length of beam (L) : 63.6

Fig. 4 1.5 skip detecting

2.2 탐상방법

초음파 탐상용 표준시험편(STB-A2, 판두께 15mm)의 종형(지름 4mm, 길이 4mm)을 수직 및 사각법에 의해 탐상하였다. 수직탐상에서는 우무를 매체로 하였다(Fig. 2). 사각탐상은 직접접촉(Fig. 3, 4)에 의하여, 굴절각 45°로 실시하였다.

굴절각이 45°로 되기 위하여 탐촉자를 세팅하여 0.5스킵프 및 1.5스킵프에 대하여 탐상을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

인체의 근육조직이나 혈액등은 물의 음속(1540m/s)과 대부분 같다. 기본적으로 MeUT에서는 횡파를 대상으로 하지 않는다. 한편, 강재는 고체이고, 식(1)과 같은 스넬의 법칙 및 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 초음파가 경계면에 비스듬히 입사할때 종파의 일부가 횡파에 모드변형된다.

$$\sin i/C_1 = \sin \beta/C_1 = \sin \theta/C_2 \dots\dots\dots(1)$$

i : 입사각, β : 반사각, θ : 굴절각,

C_1 : 종파음속, C_2 : 횡파음속

강재중에 횡파만을 발생시키기 위해서는 굴절종파가 나타나지 않도록 초음파 입사각을 굴절종파에 대한 임계각 i_{LC} 이상으로, 또한 굴절횡파가 나타나지 않도록 초음파입사각을 굴절횡파에 대한 임계각 i_{SC} 미만으로 되기위하여 조절할 필요가 있다. 여기서, 수침법을 고려하여 매질1을 물(종파음속: $C_1=1540m/s$), 매질2를 강재(종파음속: $C_{2L}=5900m/s$, 횡파음속: $C_{2S}=3230m/s$)로 해서 각각의 임계각을 산출하면 다음과 같이 된다.

굴절종파의 임계각

$$i_{LC} = \sin^{-1} [(C_1/C_{2L}) \sin 90^\circ] \\ = \sin^{-1} (1540/5900) = 15.1^\circ$$

굴절횡파의 임계각

$$i_{SC} = \sin^{-1} [(C_1/C_{2S}) \sin 90^\circ] \\ = \sin^{-1} (1540/3230) = 28.1^\circ$$

보통, 강재 등에 쓰여지고 있는 사각탐촉자의 횡파굴절각 θ_S 는 45° 및 70°이며, 그때의 입사각 i 를 산출하면 다음과 같이 된다.

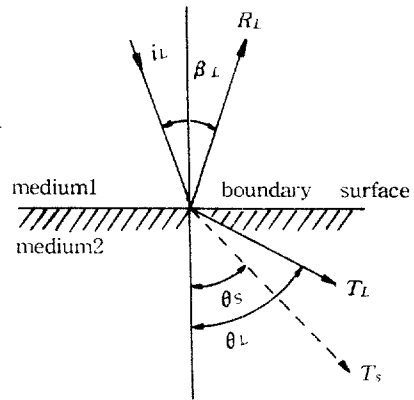
$S=45^\circ$ 인 경우

$$i = \sin^{-1} [(1540/3230) \sin 45^\circ] = 19.7^\circ$$

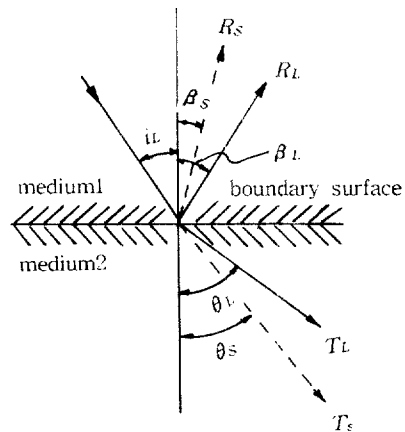
$S=70^\circ$ 인 경우

$$i = \sin^{-1} [(1540/3230) \sin 70^\circ] = 26.6^\circ$$

STB-A2 표준 시험편의 평저구멍 $\phi 4 \times 4$ 를



(a) Liquid → Solid



(b) Solid → Solid

Fig. 5 Reflection and refraction

MeUT에서 수직 및 사각탐상한 결과를 Fig. 2, 3, 4에 나타내었다. 거의 소정의 위치에서 검출할 수 있었으나, 음향렌즈의 영향을 받아 검출범위는 상당히 넓었다.

수직탐상결과(Fig. 2)에 의하면 시편 표면으로부터 10.3mm의 위치에 길이 10.8mm의 결함상이 선명하게 보였다. 결함의 존재위치는 거의 정확하게 검출되어져 있으나 결함길이는 약 2배로 나타나고 있다. 한편 사각탐상결과(Fig. 3, 4)에 의하면 거의 소정의 위치에서 검출할 수 있었으나 음향렌즈의 영향을 받아 검출범위는 상당히 넓었다. 또한 0.5스킵프 위치에서의 탐상은 강재횡파에 대한 리니어탐촉자의 초점거리와 탐촉자, 그리고 평

저구멍의 로정이 거의 일치했기 때문에 탐상상이 집중하고 있었다. 또한 시편표면의 탐상위치로부터 비스듬히 45°, 21.2mm의 위치에 길이 10.5mm의 결함상이 선명하게 집중하고 있고, 수직탐상 결과와 같은 모양의 결함길이는 2배로 강하고 크게 평가되어진다. 그 이유로서 음속, 감도 등은 물을 상정하여 조정시키고 있어 이것을 그대로 철강재료에 적용하였기(예로서 철강재료의 종파음속은 물의 약 3.8배, 횡파는 2.1배의 속도이다) 때문으로 여겨진다.

4. 결 론

본 연구인 의학용 초음파 검사기에 의한 MoSi₂의 미소결함 탐상을 위해, 의료용으로 개발된 전자식 초음파 탐상장치를 이용, 철강재료의 인공결함탐상을 실시하였다. 그 결과에 의하면,

- 1) 결함의 존재위치는 선명하게 거의 정확하게 검출되었다.
- 2) 철강재료와 물과의 음속이 다름에 따라 음향 임피던스의 상위나 결함검출 감도의 조정이 어려우므로써, 결함상이 과대평가 되어짐을 알 수 있었다.

- 3) 횡파에 의한 사각탐상을 고려하여 초음파의 입사각을 관리할 수 있도록 탐촉자의 형상을 변경해야 한다.
- 4) 사각탐상에 의한 탐상화상 표시방법을 좀더 효율화 시켜야 한다.
- 5) MoSi₂가 용사된 철강재료에서의 미소 결함 탐상의 적합성에 가능성을 찾아냈다.

참 고 문 헌

- 1) 土屋 外：NDI 자료. 2979, 1983.
- 2) 窪田 外：NDI 자료. 21040, 1984.
- 3) 佐藤：非破壊検査 Vol. 42, No. 10, pp. 551~557, 1992.
- 4) 石井 勇五郎 非破壊検査工學, 産報, 1973.
- 5) 山口, 馬越 金屬間化合物, 日刊工業新聞社, 1986.
- 6) 富士岳 超音波による検査技術の基礎, 非破壊検査, Vol. 37, No. 12, pp. 919~928, 1988.
- 7) 日本非破壊検査協會編, 超音波探傷試験 I, II, III, 1990.
- 8) 日刊工業新聞社編 超音波技術便覧, No. 6, 1991.