

320 超音波顕微鏡によるオーステナイト系材料単結晶の表面波音速異方性の測定

東北大学工学研究科 ○福田健、粉川博之、佐藤裕、
三原毅、山中一司

Crystallographic orientation dependence of surface acoustic wave velocity in austenitic material single crystal by acoustic microscope.

by Takeshi Fukuda, Hiroyuki Kokawa, Yutaka S. Sato,
Tsuyoshi Mihara, Kazushi Yamanaka

1. 緒言

オーステナイト系材料は、優れた強度と耐食性を兼ね備えた材料ゆえ、原子力プラントや原子炉配管などに多く利用されているが、超音波探傷が困難な場合がある。その原因としては、溶接金属での超音波の減衰、超音波の曲がり、柱状晶内での超音波音速異方性などが考えられるが、そのメカニズムの詳細は明らかにされておらず、これを明らかにするには、溶接金属での音響異方性の測定が必要である。しかし、溶接部のように局所的に複雑な場所の音響特性の測定は困難である。局所的な音響特性の評価に関しては、単結晶に対して、超音波顕微鏡による表面波音速測定を行った報告があるが、これはSiなどに限られている。

溶接部の場合でも、まず単結晶を用いて局所的な音響特性を調べ、それを組み合わせることによって、溶接部の超音波の挙動を予測できる可能性があると考えられる。それには、弾性特性を表す最も基礎的なデータであるFCC結晶の3つの独立な弾性定数(c_{11} 、 c_{12} 、 c_{44})をオーステナイト系材料に対して求める必要があるが、実用合金での報告は見当たらない。そこで、本研究ではオーステナイト系材料であるインコネルAlly600単結晶に対して、超音波顕微鏡による表面波音速測定を行うことを試みた。

2. 実験方法

本研究で用いた試料は、化学組成がTable1のインコネルAlloy600単結晶である。

Table1 Chemical composition (wt%)

Cr	Fe	Mn	Si	Cu	C	Ni
15.5	8.0	0.5	0.2	0.2	0.08	Bal.

表面方位がほぼ(100)および(110)の単結晶を放電加工により切り出し、それぞれの面上にある結晶方位に対して、超音波顕微鏡により表面波を発生させ、その表面波音速測定を行う。この2面上の方位の表面波音速測定を行うことで、3つの未知数からなる弾性定数を求めることが可能である。超音波顕微鏡の測定原理は、Fig.1に示すように、音響レンズから発生した超音波のうち、図中の経路EFを伝わる試料表面からの反射波と、経路BCを伝わる表面波の干渉を利用するものである。

Fig.1において音響レンズをz方向に移動させた時の反射波の振幅とzの関係を測定すると、Fig.2のようなV(z)曲線が得られる。V(z)曲線の干渉周期を Δz とすると、超音波の周波数をF、カップラーの音速をvとし、表面波音速 v_R は次式で表すことができる。

$$v_R = v[1 - (1 - v/2F \Delta z)^2]^{1/2}$$

なお本実験では周波数を215MHz、カップラーを純水とし、また試料表面をダイヤモンドペーストで鏡面に仕上げた。測定はそれぞれの面内方位において2° 間隔で、180° にわたってV(z)曲線を計測した。また、ここでは測定にLFB(Line Focus Beam)レンズを用い、その測定範囲は最大で約250 μ m \times 1mmであった。

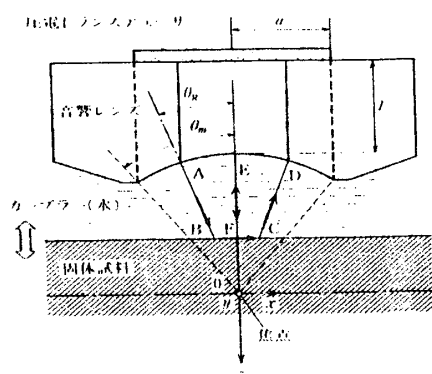


Fig. 1 A principle of ultrasonic microscopy measurement

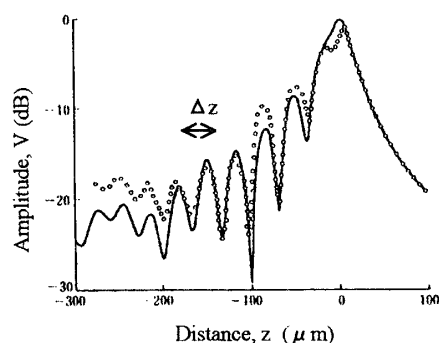


Fig. 2 $V(z)$ curve

3.結果と考察

(100)面および(110)面上の方位に関して音速測定を行ったところ、それぞれFig.3およびFig.4の結果が得られた。グラフの横軸は試料の面上にある方位、すなわち面上における表面波音速を測定した方向に対応しており、縦軸は表面波音速を表している。例えば、Fig.4で(110)面上での角度 0° にあたる位置は $\langle 110 \rangle$ 方向、 90° にあたる位置は $\langle 100 \rangle$ 方向の表面波音速を表していることになる。Fig.3およびFig.4から、同じ面内においても、方向によって音速が大きく変化していることがわかり、これは弾性特性が方向によって変化していることを意味している。尚、Fig.3およびFig.4の実線は、比較のために純Niの場合を想定した計算値音速であり、実験値との違いは化学組成の違いによる密度差と、弾性定数の違いで生じると考えられる。両者ではほぼ同様な表面波音速異方性の傾向が見られ、方位によっては音速の値に違いが生じることも確認できた。また、このような音速異方性は、結晶方向の弾性特性の変化を表すことから、点を結んで得られる曲線は3つの弾性定数の関数で表すことができる。尚、表面波音速の測定精度は0.5%の範囲内であった。

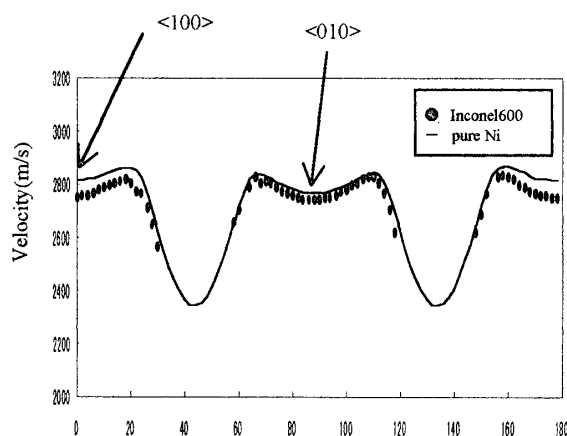


Fig. 3 Surface acoustic wave velocity on (100) plane

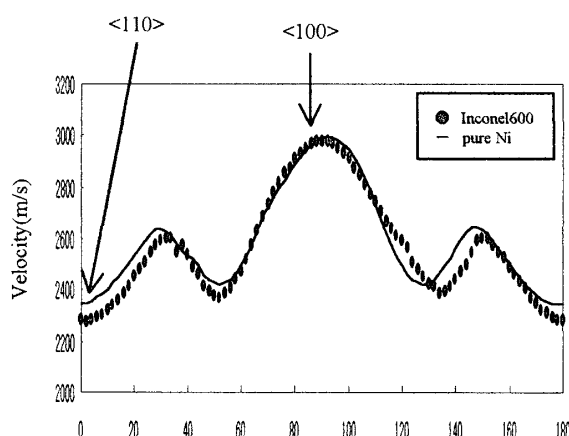


Fig. 4 Surface acoustic wave velocity on (110) plane

4.結言

インコネル合金溶接部での超音波挙動を調べるために、インコネルAlloy600単結晶の(100)および(110)面上で表面波音速異方性を測定した。その結果、0.5%以内の精度で音速異方性の測定が可能であり、局所的な弾性定数を求めることができることを確認した。