

埼玉大学大学院
工学部

学 〇佐川 保明
正 加藤 寛
正 吉川 敬治

1、緒言

超音波による非破壊検査は、欠陥検出ばかりでなく、材料特性の非破壊的な評価方法としても、数多く用いられている。本研究では、超音波を用いた材料特性の非破壊評価に関する研究の一環として、引張り変形に伴って生じるCu-Zn合金の塑性ひずみと超音波因子（音速、減衰率）の相関関係を調べた。

2、実験方法

本研究では、供試材としてCu-40wt%Zn合金圧延板を用いた。この材料に塑性ひずみ、あるいは引張り応力状態を与えるために、JIS5号試験片（標点間距離50mm、平行部断面積 $25 \times 4 \text{ mm}^2$ ）に加工した。加工後、初期の加工履歴を取り除くために800°Cで48時間の焼鈍処理を行った。

まず、塑性ひずみと超音波の速度、減衰率との関係との関係を求めた。すなわち、一軸引張り試験により試験片に所定の塑性変形を与えた。塑性ひずみ量は、試験片の標点間距離の伸びより算出した。引張り変形後、表面状態や厚さを均一にするために図1に示すように試験片から板状試料（長さ50mm、幅25mm、厚さ2mm）を切り出して超音波試験に供した。超音波因子の測定は一探触子垂直パルス法によって行い、探触子として縦波用（5MHz、2.25MHz）と横波用（2MHz）を用いた。接触媒質は縦波用でマシン油、横波用でグリースを用い、接触圧力はどちらも約42kPaで行った。また、塑性変形に伴う組織の変化を観察した。

次に、引張り変形に伴う音速、減衰率の変化を測定した。図2に示すように、一軸引張り試験を行いながら、その平行部中央で音速および減衰率を測定した。探触子は、専用の固定治具を介して固定して測定した。接触圧力以外は、第一の実験と全て同一の条件で測定した。超音波因子の測定時には、試験片に作用する荷重をロードセルから、ひずみは試験片裏面に貼り付けたひずみゲージより得た。

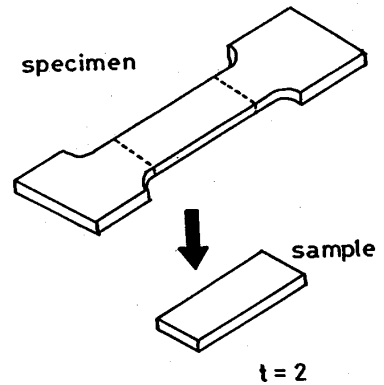


図1 超音波試験用試料の切り出し概略図

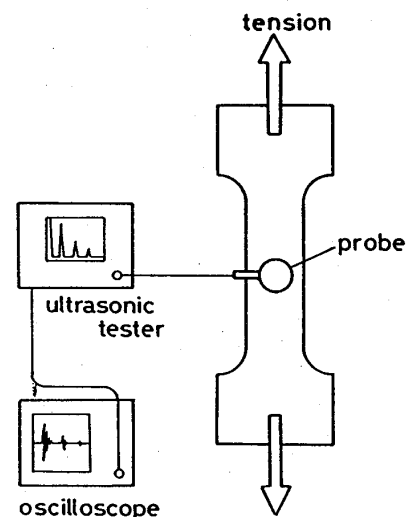


図2 引張り応力状態での超音波試験方法

3、結果及び考察

3-1、塑性ひずみと超音波因子

図3に0%~33%までの塑性ひずみと超音波の減衰率の関係を示す。図3(a)において、縦波の減衰率は塑性ひずみの数%までの範囲で減少し、その後はほとんど変化しなかった。なお、減少は2.25MHzより5MHzの方で著しかった。この減少は図4に示す組織写真より、粒状であった組織が塑性変形に伴い崩されて繊維状になったことによると考えられる。超音波の減衰率はその波長が短い程、組織変化の影響を受けることが知られている。5MHzでの変化が著しかったのはこのためと考えられる。図3(b)に横波の結果を示す。探触子の振幅方向を引張り方向から変化させて測定したが、測定結果に変化を生じなかった。このため、振幅方向は引張り方向に対して平行になる位置で測定した結果を示している。

なお、塑性ひずみ量に対する音速の変化は非常に少なく、本実験では測定できなかった。

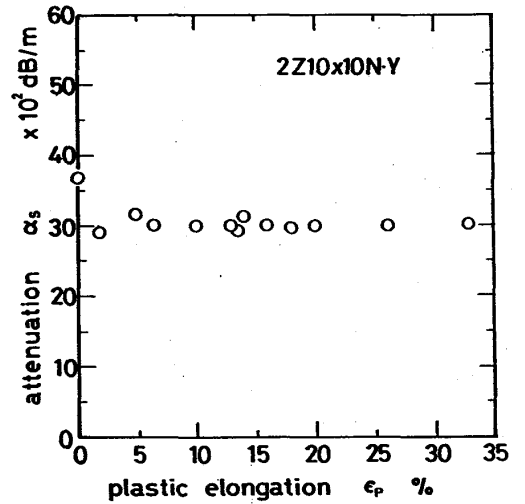


図3(b) 塑性ひずみと横波減衰率

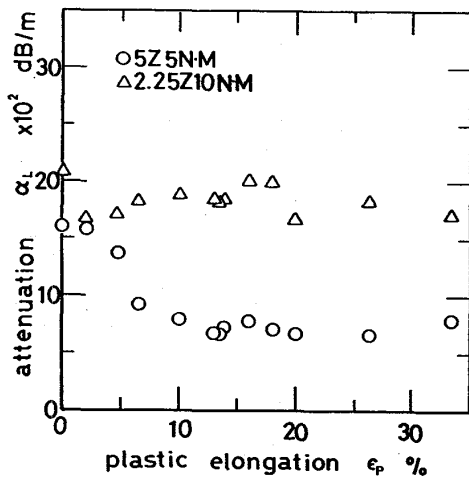


図3(a) 塑性ひずみと縦波減衰率



図4(a) 組織写真(0%変形)



図4(b) 組織写真(6.4%変形)

0.5 mm

3-2 引張り変形に伴う超音波因子の変化

図5、6に引張状態下での応力と超音波の減衰率の関係を示す。引張り変形に伴う音速の変化は、前節の測定結果と同様に計測することはできなかった。

各グラフの横軸は、引張り変形時の応力をその試験片の0.2%耐力で除した応力比である。図5では、5MHzの縦波探触子の結果を示す。弾性域では減衰率が僅かに上昇し、0.2%耐力に相当する応力値(約100MPa)以上では減少することが明らかとなった。また、図6は2.25MHzの探触子による結果を示す。この場合は、弾性域ではほとんど変化せず、0.2%耐力に相当する応力値から減衰率が減少する結果を示した。このような変化は、引張り変形に伴う運動転位の影響ではないかと考えられる。つまり、降伏前($\sigma < \sigma_{0.2}$)は転位の密度が増加して、そのために減衰率が増加する。降伏後($\sigma_{0.2} < \sigma$)は転位密度は更に増加するから、転位どうしの切合い等で転位弦の間隔が減少し、そのために超音波減衰能が減少すると考えられる。これに対して、横波用探触子の測定ではこのように著しい変化は現れなかった。

4、結言

塑性変形したCu-40wt%Zn合金を超音波測定し、以下の結果を得た。すなわち、塑性ひずみ量の増加に伴い、縦波超音波の減衰率が減少した。また、引張り変形に伴い、0.2%耐力に相当する応力値から縦波の減衰率が著しく減少した。

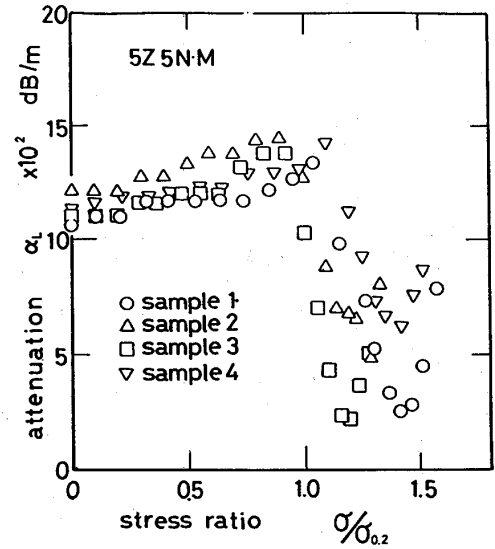


図5 引張り変形に伴う縦波減衰率の変化 (5 MHz)

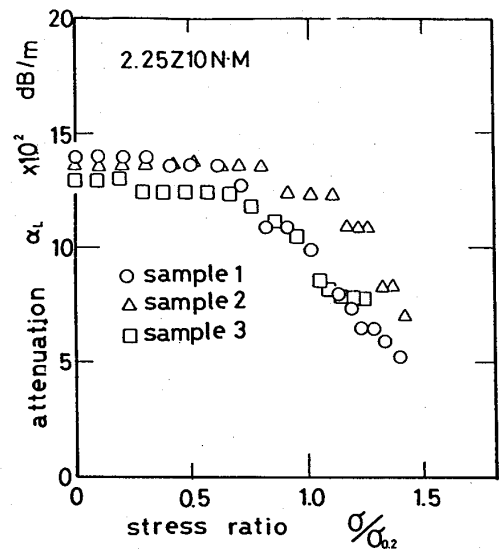


図6 引張り変形に伴う縦波減衰率の変化 (2.25 MHz)