

# 超音波照射によるアルミ材料表面の残留応力低減

[研究代表者] 武田亘平 (工学部機械学科)

[共同研究者] 本多祐二, 佐藤正典 (本多電子株)

## 研究成果の概要

超音波照射に伴う材料表面の特性変化に着目し、本研究ではアルミニウム合金に圧縮または引張残留応力を付与し、超音波照射前後の材料表面応力値の変化を調査した。未処理材に対して、グラインダーにより引張残留応力を付与した試験片では残留応力は大きく減少した。一方、ショットピーニングにより圧縮残留応力を付与した試験片では、その変化は小さかった。X線回折結果から引張残留応力の減少は明らかであり、超音波照射により引張残留応力を減少することは可能である。引張残留応力の減少に伴い疲労寿命の向上が考えられるため、今後は同材料における疲労寿命を調査する。

研究分野：高機能材料，材料力学，表面工学

キーワード：超音波，残留応力，アルミニウム合金

## 1. 研究開始当初の背景

共同研究として本多電子株式会社および当研究室では超音波照射による材料表面の改質を進めてきた。この共同研究の中で、超音波照射により材料表面の残留応力が変化することが考えられた。材料表面の残留応力を比較的簡単な手法である超音波照射により低減できれば、幅広い分野において応用されることが期待できた。研究代表者らはこれまでに引張および圧縮の残留応力が付与された鋼材およびアルミニウム合金に超音波を照射し、その残留応力値を評価していた。特に残留応力が付与されたアルミニウム合金材への超音波照射は、図1に示すように残留応力値を低下させる効果があると期待できた。しかし、試験回数が少なく、正確に評価する

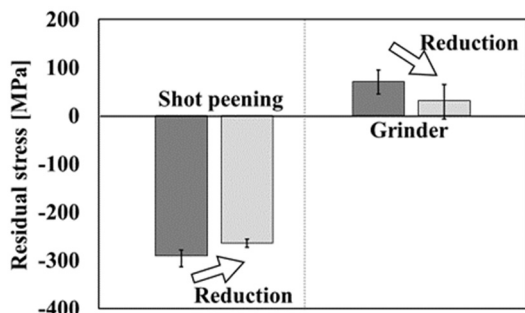


図1 超音波を照射したアルミニウム合金の残留応力

ためには多くの試験が必要であった。また、より効果が期待できる超音波照射条件を模索することで、効率よく残留応力値を低減できると考えた。

## 2. 研究の目的

これまでの研究においてアルミニウム合金へ残留応力を付与し、その後超音波を照射し残留応力の変化を調査してきた。本研究では先行研究と同じ超音波照射条件の下でアルミニウム合金材に対する超音波照射前後の残留応力値を再度評価し、試験結果の信頼値を向上させ、さらに残留応力が低減する原因を明らかにするためにアルミニウム合金材表面の結晶状態を確認することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 試験片および実験装置

残留応力の変化を調査するための材料として、アルミニウム合金 A7075-T6 を用意した。これは、アルメンストリップと呼ばれるショットピーニングのカバレッジを測定するための規格材料であり、寸法は幅 19 mm、長さ 76 mm、厚さ 4 mm であった。

試験片に対して、残留応力を付与し超音波照射前後の残留応力を測定した。残留応力の付与において、圧縮残留応力はショットピーニングを、引張残留応力は小型ハンディーグラインダーを用い材料表面を加工した。

超音波照射は共同研究先の本多電子株式会社製 ULTRASONIC CLEANER WS-600-28 を使用した。

残留応力測定には、株式会社リガク製の X 線回折装置 AutoMATE を使用した。

## (2) 実験条件および方法

試験片に対する残留応力の付与と超音波照射の手順を示した模式図を図 2 に示す。出発材としては、納入のままである未処理材とショットピーニングを施し圧縮残留応力を付与した試験片とグラインダーにより引張残留応力を付与した試験片の 3 種類を準備した。図 2 に示すように各試験片に対して超音波を 2 回照射し、それぞれの照射後に残留応力を測定した。超音波照射の条件は 2 回とも周波数 28 kHz, 出力 600 W, 照射時間 10 分とした。

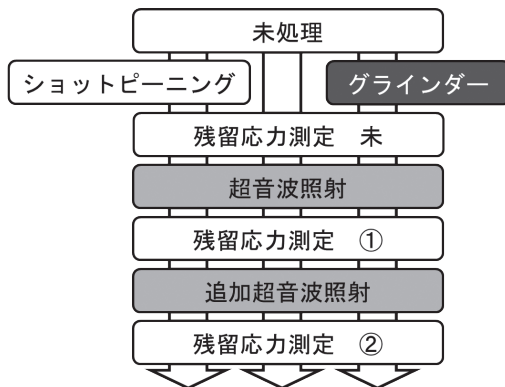


図 2 試験片の残留応力の付与および測定順序

## 4. 結果および考察

納入のままである未処理材 (As-received) と圧縮残留応力を付与したショットピーニング材 (SP) と引張残留応力を付与したグラインダー材 (Grinder) の超音波照射前後の残留応力値を図 3 に示す。図内の「未」は、超音波照射前、「①」は 1 回目超音波照射後、「②」は 2 回目超音波照射後の残留応力値である。図からわかるように、最も残留応力値が減少している条件は引張残留応力を付与したグラインダー材である。また、1 回目の超音波照射は 2 回目比べて大きく減少している。追加の超音波照射も効果があると言えるが、1 回目効果が最も大

きいことがわかる。一方、圧縮残留応力を付与したショットピーニング材に対して、残留応力は大きく変化していない。

グラインダー材の X 線回折結果を図 4 に示す。図からわかるように、超音波照射前後の回折角が大きく異なっていることは明らかであり、アルミニウム合金の引張残留応力を超音波照射により低減できることがわかる。

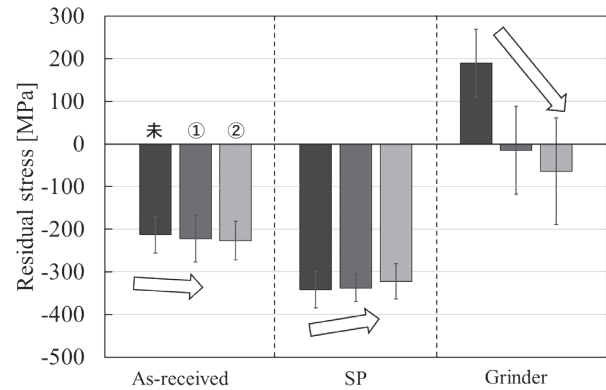


図 3 圧縮または引張残留応力を付与したアルミニウム合金の超音波照射前後の残留応力値

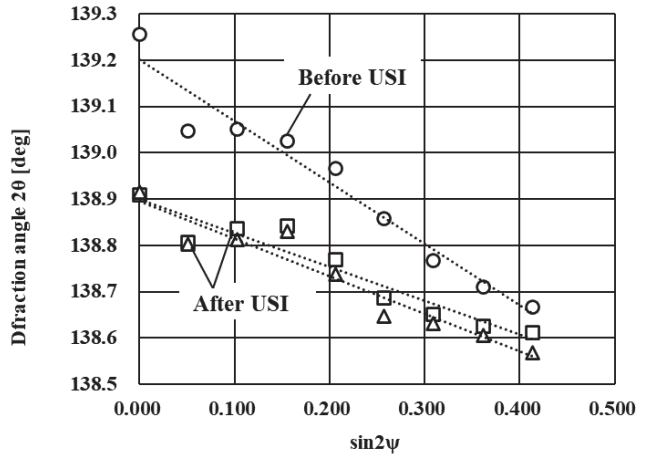


図 4 グラインダーにより引張残留応力を与えた試験片における超音波照射前後の X 線解析結果

## 5. 今後の課題

本研究においてアルミニウム合金に付与された引張残留応力の低減を確認した。その効果から実用において重要な疲労寿命の向上が推測されるため、今後は超音波照射により残留応力を減少させた試験片の疲労寿命を調査すると共に超音波照射条件とその残留応力値および疲労寿命との関係を明らかにする。