

# 粉末冶金法による FRM の製造に 及ぼす超音波付加の効果

東京都立大学工学部機械工学科

助手 若山 修一

(昭和63年度奨励研究助成 AF-88026)

## 1. 研究の背景

繊維強化金属 (FRM) の製造において、最も重要なことは、繊維/マトリックス界面の適合性の制御、すなわち、濡れを向上し反応を抑制するという相反する2つの最適な組み合わせを実現することであるが、従来は、繊維へのコーティングなどの方法を用いるため、それが製造コストを増加させる要因となっていた。これに対し、本研究室で開発された超塑性粉末冶金法では、FRMを粉末冶金法で製造する際、マトリックスに超塑性金属を用いることにより、比較的低温かつ低成形応力でのホットプレスが可能とし、製造工程における繊維の損傷を抑え、低コストで良好な界面適合性を得ることができる。

著者らは、超塑性粉末冶金法でFRMを製造する際に、繊維とマトリックス金属粉末の積層体に超音波振動を付加することにより、繊維分布を均一化するとともにマトリックスを繊維間に充填させて材料の破壊抵抗を向上し、より高強度の繊維を有効利用することにより、繊維の体積含有率を変えることなく高強度で信頼性の高いFRMを得るための製造法の開発を進めている。

## 2. 研究の目標

従来は、繊維とマトリックス金属粉末を交互に積層した丸型に、変位制御により予負荷を加えた後、超音波振動を付加していた。その場合、超音波振動負荷の開始直後に積層体が緻密化し見かけ上の体積収縮が起こるため、超音波の伝達が不十分となり、超音波負荷時間を定量的に取り扱うこ

とができなかった。

そこで、本研究の目標は、新たに死荷重を用いた振動付加装置を開発し、振動の際のバックグラウンド応力や付加時間などを変化させ、FRMの組織制御に最適な超音波振動付加条件を解明することにある。また、作成した試料の引張試験の際にAE計測を行い、材料中での繊維破断を非破壊検出して破壊過程を評価し、繊維の均一化による強度向上機構を検討することをも目的とする。

## 3. 成果の概要

試料は、マトリックスとして超塑性 Zn 合金 (SPZ)、強化繊維として SiC 連続繊維を各々使い、ホットプレスを用いて作成した。ホットプレス条件は、 $420^{\circ}\text{C} \cdot 70\text{MPa} \cdot 10\text{min}$  で、 $5 \times 10^{-3}$  の真空中である。前述のように、本研究ではホットプレスに先立ち、マトリックス金属粉末と繊維の積層体に超音波振動を付加したが、超音波発生装置は出力5kW、周波数15kHzであり、積層体には約  $30 \mu\text{m}$  の振幅の振動が付加される。振動子の過熱を考慮し、一定時間、例えば20sの振動付加と40sのインターバルを1サイクルとし、そのサイクルを繰り返して超音波振動を付加した。

本研究では、おもりを利用して死荷重を加え、バックグラウンド応力が一定のもとで、繊維とマトリックス金属粉末の積層体に超音波振動を付加する装置を開発した。また、製造したFRMを鏡面研磨して組織観察を行うとともに、引張試験中にAE計測を行い、強化機構を検討した。組織観察の際には、微視組織写真を画像処理し、マトリック

ス中の繊維の分布を定量的に測定した。

本研究により、以下の結論が得られた。

①新しく開発した超音波振動付加装置を用いて、1サイクル当りの付加時間を変化させてFRMを製造した。その結果、5sの超音波振動を32回付加した場合と20sの振動を8回付加した場合で、同様の微視組織を有する試料が得られ、超音波振動付加時間を定量的に取り扱うことが可能となった。

また、超音波付加時の一定荷重が30kgf（型の内径80mm）・付加時間160sの場合に、作成した試料の強度が最大となり、本装置における最適超音波振動付加条件が明らかになった。

②画像処理により、最隣接繊維間隔の分布を評価することが可能となり、その分布（平均値及び

変動係数）と強度がよく相関すること、すなわち、繊維分布が均一であるほど強度が向上することが明らかになった。

③作成した試料の引張試験の際にAE計測を行い、材料中の繊維の破断を他の割れ（マトリックスの割れや界面の剥離など）と判別して検出し、破壊過程を検討した。その結果、繊維分布が均一化すると、繊維破断の開始から最終破壊までの時間が長くなり、強度が向上することが理解された。

#### 4. おわりに

本研究は、天田金属加工機械技術振興財団の昭和63年度奨励研究助成によってなされたものであり、財団に対し厚く御礼申し上げます。