Semisolid forming of Al-Al₃Ni Functionally Graded Material

○学 沖田 潤一郎(鹿児島大院) , 正 福井 泰好(鹿児島大)
正 岡田 裕(鹿児島大) , 正 熊澤 典良(鹿児島大)

Junichiro OKITA, Kagoshima University, 1-21-40 Korimoto, Kagoshima 890-0065 Yasuyoshi FUKUI, Hiroshi OKADA and Noriyoshi KUMAZAWA, Kagoshima University

Keywords : Functionally Graded Material (FGM), Semisolid forming

1. 緒言

傾斜機能材料 (FGM) は近年、非常に注目を集めている新素材である。FGM は母材となる金属と金属間化合物を連続的に、かつ使用環境に合わせて、適切に傾斜させた材料である。

本研究で使用した FGM は母材がアルミニウム (Al)、Al とニッケル (Ni) の金属間化合物である Al₃Ni の二種類の金属から組成されている FGM である。この FGM は遠心力法で作製した。遠心力法で FGM を製作すると、粒子が粗大化する現象が生じる。結晶粒が微細になれば結晶粒界も増加し、転位が運動しにくくなり、強度が増加する。したがって、この現象を改善する必要がある。FGM を構成している二種類の金属の融点の違いを利用して、一方が液体、もう片方は固体という半熔融状態で加工をする半熔融後方押し加工で、FGM 母材の融点近傍で加工すれば粒子は微細化され、この欠点は克服できると報告されている。本実験では加工前の FGM の組織と加工後の FGM の組織を比較し、その結果を考察することが目的である。

2. 実験方法

2・1 供試材 本実験の供試材である Al-Al₃Ni FGM は市販されている Al-20%massNi 合金を使用して遠心力法で作製した厚肉円筒管である。この円筒管を縦方向に 8 等分にし、熱間プレス加工によって平らな棒状にした。幅方向側面部、円筒管内面部の 2 方向を切削して長さ 39mm、高さ 14mm の直方体になったピレットを用いて半熔融後方押し加工で U 字形の FGM を作成した。緒言にも示したが、微細化されるのは母材の融点近傍である。したがって本実験は 660℃、670℃、680℃の三種類の加工温度で実施した。

2・2 半熔融加工実験装置 Fig1 は半熔融後方押し加工の工程を示したものである。コンテナに挿入するピレットの方向は Al₃Ni リッチ部がコンテナの底部に接するようする。そのコンテナを Fig2 の半熔融加工装置の電気炉

Fig.1 Schematic illustration for FGM semisolid forming process.

Fig.2 Schematic representation of FGM semisolid forming system.

中で室温から加熱し、前述した三種類の加工温度に達した時点で、Fig2 の半熔融加工装置の油圧駆動のプレスヘッドを降下させポンチの上部を圧縮する。プレスヘッドの上部に位

置するロードセルユニットで圧縮荷重を測定する。Fig2 にも示したが、ロードセルユニットとプレスヘッドの境界部（冷却システム）並びに電気炉下部のプレートには各々、内部に管を備えつけており、そこに冷却水を流すことで電気炉からの伝熱を防止している。

2・3 コンテナについて FGM が挿入されているコンテナが設定した加工温度に達した時点で圧縮加工を行う。本実験では圧縮する際、移動する体積が等しくなるよう三種類のポンチを準備し使用した。幅が 34mm（ポンチ 1）、30mm（ポンチ 2）、25mm（ポンチ 3）の形状をしている。また、それぞれのポンチの押込み深さも異なるようにした。ポンチ 1 では 8mm、ポンチ 2 では 9mm、ポンチ 3 では 11mm のストロークで圧縮加工を行った。つまり幅が広いポンチでは押込みを浅く、幅が狭いポンチでは押込みを深くしている。

3. 実験

3・1 実験結果 Fig3 に代表例として加工前と 680℃ で加工した後の FGM の組織を示す。(a) は加工前の FGM の画像で、(b) はポンチ 1、(c) はポンチ 2、(d) はポンチ 3 で加工した画像である。Fig4 に Al_3Ni 粒子の粒径の平均値の変化を示す。これはそれぞれの画像を底部から 10 等分した箇所でも粒子を測定し、平均化した測定値をプロットしたグラフである。Fig4 において 1 が底部である。本実験の粒径の定義は長手方向ではなく幅方向である。

3・2 考察 Fig3 の画像の中の黒い部分が Al_3Ni 粒子である。(a) と (b) (c) (d) を比較してみると粒子の形状は加工前と加工後では異なっているのが確認できる。粒子の動きについて着目してみると、幅が広がっているポンチ 1 より幅が狭いポンチ 3 の方がポンチの曲面に沿って縦方向に粒子が流動していることが分かる。これはポンチ 3 を使用した場合の方が半溶融状態になった FGM が流動できる範囲が広がっているためであると思われる。

粒径について加工前と加工後で比較してみると加工後の方が短くなっている。Fig4 のグラフから粒径は 0.015mm～0.025mm 位となっている。最も粒径が短くなっているのは、ポンチ 1、670℃ で加工した FGM である。前述したようにポンチ 1 は半溶融状態になった FGM が流動しづらくなっている。このため液体状になった Al が Al_3Ni 粒子を伴って動く際に大きいせん断応力が発生する。したがって、このような結果が出てくると思われる。

押し込み距離の違いについては、本実験で設定したストロークでは顕著な違いを見出すことが困難であった。ストロークの違いも粒径の微細化に影響するのではないかと考えられる。それ故、再実験の際はもっと押し込み深さの差を大きくしてみる必要がある。

Fig3 Micrographs showing the profile of the intermetallics in Al phase.

Fig4 Graph of an average of the particle of Al_3Ni .

4. 結 言

本研究は FGM の加工前と加工後の組織の様子の比較、検討を目的に行った。そのために形状の異なるポンチを作製するとともに、半溶融後方押し出し法による粒子の流れと変形を観察した。その結果、幅の広いポンチ、つまり広い面積で FGM と接触したポンチを用いた場合に Al_3Ni 粒子は微細化する結果を得た。

文 献

- (1) 福井泰好：エコロジーを考慮した Al-Al₃Fe 傾斜機能材料の開発
- (2) 熊澤典良：ウェーブレット解析による Al-Al₃Ni FGM 半溶融加工温度条件制御
- (3) 傾斜機能材料研究会：傾斜機能材料
- (4) 武井英雄：金属材料学
- (5) 平川賢爾、大谷泰夫、遠藤正浩、坂本東男：機械材料学