メルトスピニング Al-Si 箔の冷間圧延によるマイクロ加工の検討*

羽 賀 俊 雄^{*1}, 井 上 航 太^{*2}

Examination of the Micro-Forming of Melt-Spun Foil by the Cold Rolling

Toshio HAGA^{*3} and Kota INOUE^{*3} Department of Mechanical Engineering, Osaka Institute of Technology,
5-16-1 Omiya, Asahi-ku, Osaka-shi, Osaka, 535-8585 Japan

The micro-forming of melt-spun Al-14 mass%Si was tried by the cold rolling. The nozzle pressing melt spinning method was adopted. The nozzle pressing melt spinning method was useful to improve the wetting pattern on the roll contact surface of the strip. The nozzle-pressing melt spinning process could cast the rapidly solidified foil at the thickness of 0.2 mm. This was the thinnest foil which was suitable for the cold rolling. The Al-14 mass%Si was near to the eutectic at the cooling rate of the nozzle pressing melt spinning method. Therefore, the grain was very fine. The eutectic Si around the roll contact surface was about 0.3 μm . The as-cast foil was cold rolled by Cr-plate-roll down to 0.1 mm in order to improve the surface of the foil. Buffing was operated on the roll contact surface of the strip. V-mold was machined on the Ni plate operated on the roll surface. The depth of the V-groove was 1, 3, 5 and 10 μm . The rolling speed of the mold roll was 1 m/min. The micro bulge was mold on the roll contact surface of the foil. The height of the micro-bulge was about 0.2 μm lower than the depth of the V-groove. The rolling direction was formed better than the lateral direction. It became clear that crystal alloy could be micro-formed by the cold rolling.

Key Words: Microforming, Foil, Cold Rolling, Rapid Solidification

1. 結 言

金属のマイクロ加工では、アモルファス合金をプレス成形する例が多い。本研究では、結晶質の合金を、従来のマイクロ加工より高速で冷間成形することを試みた。一般的なアルミニウム合金である Al-Si 系合金を用いた。メルトスピニング法により急冷箔帯を作製し、結晶が最も微細化しているロール接触面にマイクロ加工を試みた。マイクロ加工には、実験室用の小型圧延機を用いた。マイクロ加工における材料選択の拡大、室温での加工、加工速度の向上の可能性について検討を行った。

2. 実験条件

メルトスピニングによる急冷箔帯の作製から冷間圧延によるマイクロ加工までの工程を図 1 に示す。実急冷箔帯を共晶点付近の組織にするため、試験材料には予備実験の結果より Al-14 mass% Si (以下 Al-14% Si と示す) を用いることにした。

Fig.1 The process of the micro-forming. ①annealing 300°C, ②buffing, ③recovery 250°C,

急冷箔帯を作製するための単ロール法としては、PFC (Planar Flow Casting) 法が代表的である。この方法は、厚さが 0.05 mm 程度の箔帯の作製に適しており、それ以上の厚さの箔帯の作製には適していない。これは、後方飛散の発生や低ロール周速による表面状態の悪化があるためである。本研究では、冷間圧延によるマイクロ加工時に 0.1 mm 以上の厚さを必要とするため、 casting 時の箔厚は 0.2 mm 以上であることが望ましい。本研究では、ノズル圧下法¹⁾を採用した。ノズル圧下法の特徴は、溶湯の噴出角度が 30° (PFC 法などの通常の単ロール法は 90°) であること、ノズルの先端が箔帯を軽圧下する点である。30° の溶湯噴出角度は、ノズルとロールの間隔が 0.1 mm よりも広くなった場合に発生し易くなる溶湯の後方飛散を抑えることが可能である。ノズルは溶湯噴

* 原稿受付 2009 年 12 月 7 日。

^{*1} 正員, 大阪工業大学機械工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)。

^{*2} 大阪工業大学機械工学科。

E-mail: haga@med.oit.ac.jp

Fig.2 Schematic illustration of the mold machined at the Ni plating on the chip attached to the roll.

Fig.3 Melt spinning in operation and cast foil

Fig.4 Microstructure of the cross section of as-cast foil.
Position is 10 μ m from roll contact surface.

Fig.5 Result of micro-forming of the melt-spun Al-14mass%Si foil by the cold rolling. Numbers shows the depth of the groove.

出中に箔厚に沿って動く。ノズルの先端が箔を軽圧下しているため、自由凝固面は平坦になる。また、軽圧下は空気の巻き込みが原因で箔のロール接触面に発生する窪みを潰すことにも有効である。箔帯作製の単ロール法では、ノズルのスリット間隔は、0.2 mm以上の厚さの箔を作製するため2 mmとした。

単ロール法で作製した厚さ約0.2 mmの箔帯は、ロール接触面の粗さを改善するため、クロームメッキロールで冷間圧延とバフ研磨を行った。延性を得るため冷間圧延の前には、300℃で焼鈍しを行った。焼鈍しを300℃で行った理由は、共晶Siの粗大化を防ぐためである。回復処理後に箔のロール接触面に、ロール周速1 m/minの冷間圧延でマイクロ加工を行った。使用したロールと型の概要を図2に示す。ロールの直径は70 mmである。チップに厚さ200 μ mのNiメッキを施した。このNiメッキに角度60°で深さが1,3,5,10 μ mの三角溝を機械加工し、マイクロ加工の型とした。チップを圧延ロールにはめ込んだ。

3 実験結果とまとめ

ノズル圧下法による箔帯の作製状況と箔帯を図3に示す。厚さ 0.2 mm、幅 20 mmの急冷箔帯を 10m/min で作製した。鑄造まま材の断面組織を図4に示す。ロール接触面から 10 μ mの位置の SEM 像である。共晶 Si の寸法は 0.3 μ m未満と急冷効果により微細で粒状化していることが分る。as-cast 材とバフ研磨後の表面状態は粗さ計により測定した。粗さはそれぞれ 0.8 μ mと 0.3 μ mであった。

冷間圧延によるマイクロ加工の結果の SEM 像を図 5 に示す。溝の深さを突起の近傍に示した。結晶質合金を 1 m/min の速度で冷間圧延したとき、突起を成形可能であることが明らかになった。従来のマイクロ加工より成形速度は高速である。溝の深さが 1 μm の場合でも突起は成形され、表面には結晶粒界は観察されず成形面は平坦であった。圧延方向の突起の高さと溝の深さの差は 0.3 μm 以下であった。圧延方向に垂直な方向では、突起の状態は良好ではなく、突起の成形の良否には方向性があった。

文 献

- (1) HAGA.T, MOTOMURA.M, Casting of Aluminum alloy thin strip by nozzle pressing single roll rapid solidification method, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C* Vol.628, No.64(1998),pp.4920~4926