

K-41

SPSによるNiまたはTiを添加したAl-Si合金の無潤滑すべり摩耗特性

Dry Sliding Wear Properties of Ni- or Ti- added Al-Si Alloy Compact by Spark Plasma Sintering

○伊豫部玲奈¹, 小宮良樹²
*Rena Iyobe¹, Yoshiki Komiya²

Al alloys have many advantages such as lightweight and excellent ductility. Therefore, they are easy to process and used in the various fields. Al-Si alloys has a small coefficient of thermal expansion and is famous as a casting alloy. However, it has problems in ductility and tensile strength. In previous research, mechanical properties were improved by adding Ni or Ti and precipitation strengthening of Al₃Ni or AlTi. In this research, we investigated wear resistance of Ni- or Ti- added Al-Si alloys. As a result, the wear resistance was improved by precipitation strengthening, ductility improvement and wear powder sediments. On the other hand, excessive Ni addition shows saturated wear resistance.

1. 緒言

様々な分野において省資源、省エネルギーを可能にする軽量化は必須の条件であり、軽金属の需要は高まっている。代表的な軽金属としてAl合金があり、軽量かつ延性および加工性に優れることから、自動車や輸送機械をはじめ幅広い分野に用いられている。

Al合金のひとつにAl-Si合金がある。Al-Si系合金は主に鋳物やダイカストの鋳造用合金として用いられ、輸送用機器部材への使用を中心としてアルミニウム鋳物用合金中最も多用されていく^[1]と考えられる。特に、過共晶Al-Si合金(Si含有率12.6 mass%以上)は熱膨張係数がAl合金のいずれよりも小さく、耐摩耗性は鋳鉄に匹敵し高温強度が比較的大きい。しかし含有しているSiが多く、凝固時に初晶として析出するSiが著しく粗大化し、加工性が悪くなる欠点がある^[2]。また、Al-Si系合金は他のAl系合金と比較すると延性、引張強度等が劣ることも知られている^[3]。

材料製造方法の1つに放電プラズマ焼結法(SPS)がある。SPS法は急速昇温を可能とする粉末冶金法であり、初晶Siの粗大化を抑制させ上記で述べたAl-Si合金の欠点の改善を図ることができる。

先行研究では、界面強度を上げるために金属間化合物と安定な界面を形成するための固溶に注目し、Alと反応しAl₃NiやAlTiを析出するNiやTiに着目した。Al-15Si合金にNiやTiを添加し、SPS焼結体における引張試験および硬さ試験を行った結果、伸びおよび強度特性の向上を確認することができた。本研究では、同様に試験片を作製して摩耗試験を行い、Al-15Si合金にNiやTiを添加することによって摩耗特性にどのような影響を与えるかについて評価した。

2. 実験方法

2.1 供試材料

母材にはAl-15Si合金粉末(粒径:<75 μm, Si:15 mass%)を、強化材には純Ni粉末(粒径:2-3 μm)と純チタン粉末(粒径:<20 μm)を用いた。

2.2 試験片作製

母材に強化材を添加した後、遊星ボールミルを用いて粉末を混合した。母材に対する強化材の配合割合は0~30 mass%、混合時は回転速度200 rpm、混合時間10 minの条件で混合を行った。混合粉末は高強度グラフアイト製のダイ・パンチに充填し35 mm×35 mmの摩耗試験片をSPSを用いて焼結した。焼結条件は、昇温速度50 °C/min、焼結温度400 °C、450 °C、保持時間10 min、加圧力70 MPa、冷却方法は炉冷とした。焼結後、試験片は#1500までエメリー研磨紙で研磨した。

2.3 各種試験の測定

試験片を摩擦摩耗試験機を用いて摩耗試験を行った。試験方法は大気中・無潤滑・すべり摩耗・3ボールオンディスク、試験条件は荷重10 N、すべり距離500 m、すべり速度100 mm/sec、相手材は直径10 mmのSUJ2を使用した。摩耗試験の前後で試験片の質量変化の測定を行い、そこから比摩耗量を算出し、各条件の試験結果を比較することで摩耗特性の評価を行った。その後、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて摩耗痕の表面および断面の観察を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 NiまたはTi添加による比摩耗量の変化

Al-15Siに強化材(NiまたはTi)を0~30 mass%まで5 mass%刻みで添加した摩耗試験片を作製し、摩耗試験

1: 日大理工・院(前)・航宇, 2: 日大理工・教員・航宇

を行なった。Fig. 1 に Ni または Ti の添加量に対する比摩耗量の変化を示す。

Fig. 1 において、比摩耗量は焼結温度が 400 °C および 450 °C の両温度共に強化材添加率が 0 mass% のとき最大値を示した。その後、比摩耗量は 10 mass% 付近まで顕著に減少しており、10 mass% を越えたあたりから変化量は小さくなっていき、最小値は Ni400°C で $3.84 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{N}$ 、Ni450°C で $3.29 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{N}$ 、Ti450°C で $4.34 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{N}$ となった。

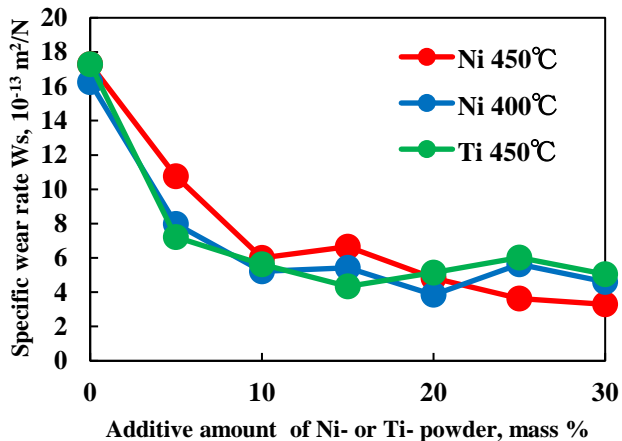


Fig. 1 Specific wear rate of Ni- or Ti- added Al-15Si alloy.

3.2 SEM による摩耗痕断面観察

450 °C で焼結した試験片の各 Ni 添加量における摺動方向の摩耗痕断面を SEM にて観察した。Fig. 2 にその結果を示す。

Fig. 2(1) より、Ni を添加していない時は摩耗面から深さ 15 μm 程度まで全体的に母材が破壊されていることがわかるが、Fig. 2(2) では母材の破壊は部分的になり、深さ 6 μm 程度にまで抑えられている。これは、母材よりも高硬度である細かい Ni 粉末と Al_3Ni の体積率が増加した影響だと考えることができる。Fig. 2(3) では摩耗粉が堆積していることがわかる。これは、母材が Ni や Al_3Ni よりも摩耗し易い為であり、摩耗粉が堆積することにより、母材と相手材の直接接触する面積が減少し、耐摩耗性が向上したと考えることができる。Fig. 2(4) では、摩耗面上で Ni や Al_3Ni が破壊され、摺動方向と逆向きに変形していることがわかる。この原因として 2 点考えられる。1 点目は、母材内に添加材が焼結中に凝集体を生成し、その凝集体内にボイドが発生した為である。このボイドが破壊の起点になり、摩耗面上で Ni や Al_3Ni が破壊されたと考えられる。2 点目は、 Al_3Ni の析出による析出強化および Al-Ni 界面での固溶強化によって、 Al_3Ni が脆くなったためだと考えられる。以上のことから、本研究で耐摩耗

性が向上した理由として、Ni を添加することで、高硬度物質の増加、Ni の延性特性による材料の延性の向上、摩耗粉の堆積が考えられる。また、Ni を 10 mass% 以上添加した際に更なる耐摩耗性の向上がみられなかった理由としては、Ni の過剰添加によるボイドの増加、析出強化や固溶強化などの母材の強化による Al_3Ni の破壊が起こったためだと考えられる。

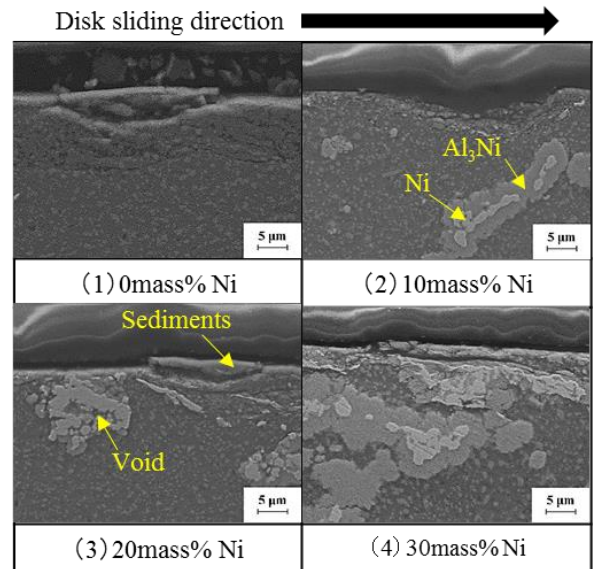


Fig. 2 Cross sections of wear tracks of Ni added Al-15Si alloy.

4. 結言

本研究では Al-15Si に Ni または Ti を添加し、摩耗試験を行った。その結果以下のことが言える。

- 比摩耗量は強化材含有率 10 mass% まで減少し、ほぼ一定値となる。
- Ni の適量添加により高硬度物質の増加、Ni の特性により材料の延性が向上、摩耗粉の堆積によって耐摩耗性が向上した。
- Ni を過剰に添加すると、ボイドが形成され析出強化や固溶強化により、Ni や Al_3Ni が破壊されやすくなり、10 mass% 以上で耐摩耗性の向上は飽和する。

参考文献

- [1] 小林俊朗, 新家光雄, 池田浩一: 「Al-Si 合金の機械的性質と P-L 効果」, 軽金属, 第 36 巻, 第 9 号, P555, 1986 年
- [2] JSME テキストシリーズ 機会材料学, 日本機械学, P.56P.123P.124, 2008 年
- [3] 小林俊朗: 「アルミウム合金の強度」, 内田老鶴圃, P17, 2001 年