

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：23201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25820034

研究課題名(和文)高Si含有Al合金のSi相凹凸表面創製機構とその表面の摩擦摩耗機構の解明

研究課題名(英文)Texture processing by wet blast technique and friction behavior of high silicon aluminum alloy

研究代表者

宮島 敏郎 (Miyajima, Toshiro)

富山県立大学・工学部・講師

研究者番号：60397239

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：高Si含有Al合金(AC8A)のSi相凹凸表面創製のために、平均粒径 $1.2\ \mu\text{m}$ のアルミナと純水が混合されたスラリーを投射して、投射角度 30° ではSi相の突出した部分が支配的な表面を、投射角度 90° ではSi相の窪んだ部分が支配的な表面を創製できることを明らかにした。

また、創製したSi相の突出または窪んだ部分が支配的な2種類のSi相凹凸表面の摩擦特性を考察した。その結果、高Si含有Al合金の摩擦特性を向上させるためには、Si相の突出高さが $0.88\ \mu\text{m}$ 以上、突出部面積割合が 9.5% 以上の突出した部分が支配的な表面が効果的であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, the effects of injection angle on the textured surface were investigated. The test slurry was pure water containing angular alumina particles $1.2\ \mu\text{m}$ in diameter. The injection angle was set to 30° or 90° . At an injection angle of 30° , a surface with protruded silicon was produced. At an injection angle of 90° , the surface with dimpled silicon was produced. And, the friction behavior of high silicon aluminum alloy with the surface texture was investigated using a ball (SUJ2)-on-plate reciprocating friction tester. Surfaces with protruded Si (injection angle of 30°) were shown to have low friction. Especially, surfaces with protrusion height $0.88\ \mu\text{m}$ and protrusion area 9.5% were effective in maintaining low friction.

研究分野：トライボロジー

キーワード：トライボロジー 摩擦 アルミニウム合金 凹凸 テクスチャー Si Al ウェットブラスト

1. 研究開始当初の背景

高 Si 含有 Al 合金のしゅう動部での使用環境の過酷化や、低燃費のための低摩擦化のため、これらに対応する学術的な表面創製設計指針・材料設計指針の提示が求められている。また、これまでの研究成果から、高 Si 含有 Al 合金の表面創製設計指針・材料設計指針を得るためには、Si 相凹凸表面創製機構を解明し、より高度化した表面処理方法を提案することや、摩擦摩耗に及ぼす Si 相の凹凸量や Si 相割合等の Si 相の影響機構を解明することが重要になっている。

2. 研究の目的

本研究では、(1)Si 相の凹凸表面の評価法の確立と Si 相凹凸表面創製機構の解明、(2)摩擦摩耗試験による Si 相の凸部高さ・凹部深さと摩擦摩耗特性の関係解明を目的とした。

3. 研究の方法

(1)供試材料

供試材料には、高 Si 含有 Al 合金である AC8A (熱処理 T6) を用いた。試験片は、フライス盤で平面度を調整し、表面を SiC 研磨紙 #2400 で最終研磨して試験に用いた。

(2)加工方法

図1にウェットブラスト加工装置の概略図を示す。ポット内にかく拌されたスラリーは、スラリー圧力 (P_{slu}) がポット内に加えられることでノズルユニット内に送られ、エア圧力 (P_{air}) により加速されてノズルを介して試験片に投射される。ノズルには幅広ノズルを用いた。試験片を載せたステージは A から B および B から A と移動速度 (v) 1 mm/s で往復移動する。このとき A から B の片道の移動を投射回数 (N) 1 回とする。投射距離 (d) は本加工装置で加工能力が最も高くなる 2 mm とした。スラリーには、Si 組成の大きさよりも微細な除去加工が行えるように、平均粒径 1.2 μm の不定形アルミナを純水に濃度 3 mass% で含有させたものを用いた。

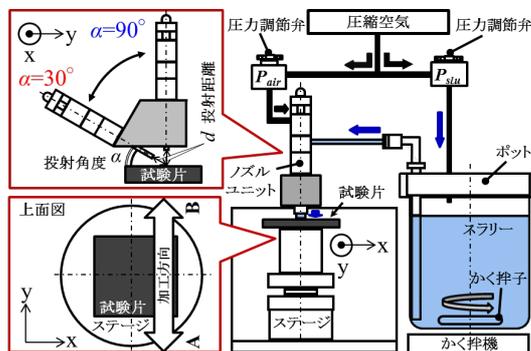


図1 ウェットブラスト加工装置

Si 相凹凸表面創製後、各加工面の中心付近をレーザ顕微鏡で観察し、観察画像から Si 相を任意に複数個選択し、断面形状曲線を用いて Al 部分からの突出高さおよび窪み深さを測定した。

さらに、レーザ顕微鏡の高さ情報画像から画像解析ソフトを用いて、突出部および窪み部の面積割合を計測した。

(3)摩擦試験方法

摩擦試験には、往復摩擦試験機を用いた。境界潤滑領域での試験になるように、以下のように試験を行った。往復運動するステージに試験片を固定し、無添加パラフィン系基油を表面に滴下する。これに相手材となる直径 10 mm の軸受鋼 (SUJ2) 球を荷重 2 N で押し付けて、すべり摩擦させた。

4. 研究成果

(1)加工結果

図2に投射回数と Si 相の突出高さおよび窪み深さの平均値の関係を示す。グラフ中には求めた突出高さおよび窪み深さの平均をプロットし、縦軸のプラス側を突出高さ、マイナス側を窪み深さとした。図3に投射回数と突出部および窪み部面積割合の関係を示す。グラフ中には観察画像 3 枚の平均をプロットした。

投射角度 30° では投射回数 4 回以上で、Si 相の突出高さが 0.71 μm 以上とポリッシング面の突出高さより高くなり、突出部面積割合が 7.3 % 以上とポリッシング面の突出部面積割合より高く、窪み部面積割合は 4.5 % 以下と低いことから、Si 相の突出した部分が支配的な表面であることがわかった。

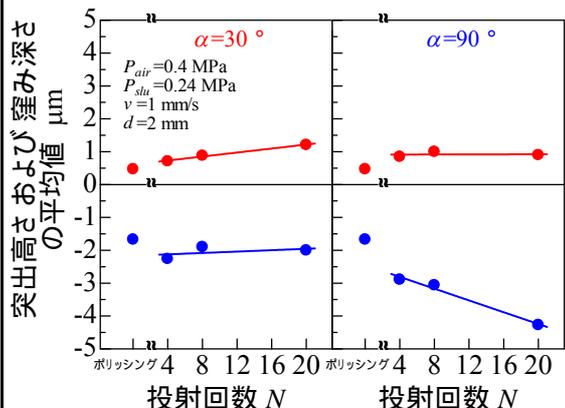


図2 投射回数と Si 相の突出高さおよび窪み深さの平均値の関係

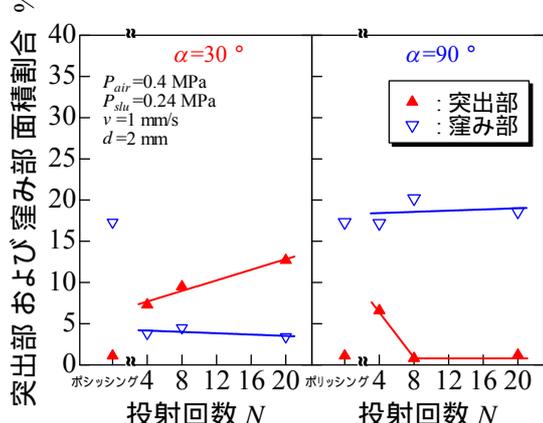


図3 投射回数と突出部および窪み部面積割合の関係

投射角度 90° では、投射回数 8 回以上で、窪み深さが 3.06 μm 以上とポリッシング面の窪み深さより深くなり、窪み部面積割合が 18.6 % ~ 20.2 % と高く、突出部面積割合が 1.2 % 以下と低いことから、Si 相の窪んだ部分が支配的な表面であることがわかった。

(2) Si 相突出面および窪み面の摩擦試験

摩擦試験片

摩擦試験には、ポリッシング面、ポリッシング面に対して投射角度 30° で投射回数 8 回ウェットブラスト加工し Si 相の突出した部分が支配的な表面（以下、Si 相突出面）、ポリッシング面に対し投射角度 90° で投射回数 8 回ウェットブラスト加工し Si 相の窪んだ部分が支配的な表面（以下、Si 相窪み面）を用いた。各加工条件で創製した摩擦試験片表面の SEM 画像、EDX による Si 元素マッピング画像、レーザ顕微鏡の高さ情報画像と断面形状曲線、ピッカース硬さ（試験荷重 0.098 N）を **図 4** に示す。

	SEM	EDX(Si)	レーザ顕微鏡	HV 0.098 N
ポリッシング面				148.7
Si相突出面 (N=8)				144.8
Si相窪み面 (N=8)				145.8

図 4 摩擦試験片

往復回数に伴う μ の変化

往復回数 1000 回に伴う μ の変化を **図 5** に示す。ポリッシング面では、 μ は試験開始から往復回数約 50 回まで低下し、それ以降は 0.13 付近で推移した。Si 相突出面では、 μ は試験開始から往復回数約 20 回まで低下し、ポリッシング面より低くなるが、往復回数約 50 回からポリッシング面と同等になった。一

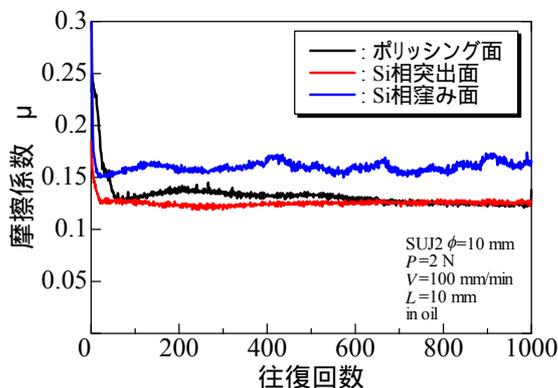


図 5 往復回数に伴う μ の変化

方、Si 相窪み面では、 μ は試験開始から往復回数約 10 回まで低下してポリッシング面より低くなるが、それ以降は 0.15 ~ 0.17 付近で推移し、往復回数約 50 回以降になるとポリッシング面より高く推移した。

(3) 投射回数を変化させた Si 相突出面の摩擦試験

Si 相突出面および窪み面の摩擦試験より高 Si 含有 Al 合金 (AC8A) の摩擦特性を向上させるためには、Si 相突出面が効果的であることがわかった。そこで、投射回数が Si 相突出面の摩擦特性に及ぼす影響を考察した。

摩擦試験片

摩擦試験には、ポリッシング面に対して投射角度 30° で、投射回数 4 回ウェットブラスト加工した面（以下、4 回投射面）、投射回数 8 回ウェットブラスト加工した面（以下、8 回投射面）、投射回数 20 回ウェットブラスト加工した面（以下、20 回投射面）を用いた。各加工条件で創製した摩擦試験片表面の SEM 画像、EDX による Si 元素マッピング画像、レーザ顕微鏡の高さ情報画像と断面形状曲線、ピッカース硬さ（試験荷重 0.098 N）を **図 6** に示す（8 回投射面は図 4 参照）。

	SEM	EDX(Si)	レーザ顕微鏡	HV 0.098 N
4回投射面 ($\alpha=30^\circ$)				140.0
20回投射面 ($\alpha=30^\circ$)				145.5

図 6 摩擦試験片

往復回数に伴う μ の変化

往復回数 50 回に伴う μ の変化を **図 7** に示す。なお、比較としてポリッシング面の μ も示す。4 回投射面では、 μ は試験開始から往復回数約 5 回まで低下し、ポリッシング面より低くなるが、それ以降は 0.15 付近で推移し、往復回数約 25 回以降になるとポリッシ

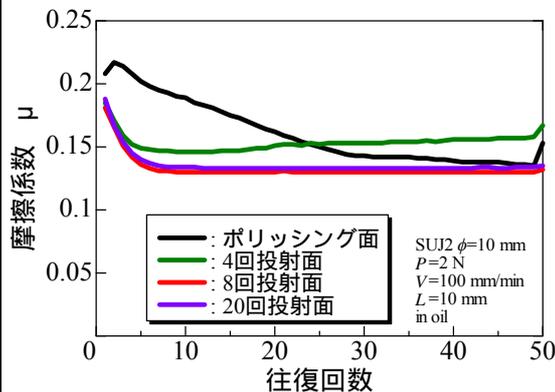


図 7 往復回数に伴う μ の変化

ング面より高く推移した。一方、8回投射面と20回投射面では、 μ はほぼ同じ推移を示し、試験開始から往復回数約8回まで低下し、ポリッシング面より低くなり、それ以降は0.13付近で推移するが、往復回数50回になるとポリッシング面とほぼ同等になった。

(4)まとめ

これまでの結果から、高Si含有Al合金(AC8A)の摩擦特性を向上させるためには、突出した部分が支配的な表面(投射角度 30° 加工面)が効果的であることがわかった。とくに、Si相の突出高さが $0.88\ \mu\text{m}$ 以上、突出部面積割合が9.5%以上(投射回数8回以上)の表面では、試験開始初期にAl部分の摩耗が抑制され、 μ がポリッシング面より低く推移し、突出したSi相が摩耗しても相手材にAlが移着せずに低摩擦を長く維持できると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2件)

宮島 敏郎、小出 修平、堀川 教世、ウェットブラスト法による高Si含有Al合金のSi相凹凸表面創製、砥粒加工学会誌、査読有、Vol.60、No.6、pp.326-332
宮島 敏郎、小出 修平、堀川 教世、高Si含有Al合金のSi相凹凸表面の摩擦特性、砥粒加工学会誌、査読有、Vol.60、No.7

[学会発表](計 6件)

小出 修平、宮島 敏郎、堀川 教世、ウェットブラスト法による高Si含有Al合金の微細凹凸表面加工-投射距離の影響-、日本設計工学会北陸支部平成26年度研究発表講演会、2014年6月21日、金沢工業大学(石川県・野々市市)

小出 修平、宮島 敏郎、堀川 教世、マイクロ・スラージェット・エロージョンを利用した高Si含有Al合金の微細凹凸表面加工、日本トライボロジー学会トライボロジー秋の学校 in 愛知、2014年9月25日、あいち健康プラザ(愛知県・知多郡東浦町)
岩井 善郎、宇佐美 初彦、宮島 敏郎、エロージョンとその応用に関する研究の現状、日本トライボロジー学会トライボロジー会議2014秋岩手、2014年11月6日、アイーナいわて県民情報交流センター(岩手県・盛岡市)

小出 修平、宮島 敏郎、堀川 教世、高Si含有Al合金のSi相凹凸表面の摩擦特性、日本トライボロジー学会トライボロジー会議2014秋岩手、2014年11月7日、アイーナいわて県民情報交流センター(岩手県・盛岡市)

小出 修平、宮島 敏郎、堀川 教世、ウェットブラスト法による高Si含有Al合金の微細凹凸表面加工-投射角度の影響-、2014年度精密工学会北陸信越支部学術講演会、

2014年11月22日、富山県立大学(富山県・射水市)

小出 修平、宮島 敏郎、堀川 教世、高Si含有Al合金のSi相突出面の摩擦特性、日本機械学会2015年度年次大会、2015年9月15日、北海道大学(北海道・札幌市)

[その他]

ホームページ等

<http://mt-mse-pu-toyama.jimdo.com/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

宮島 敏郎(MIYAJIMA、Toshiro)

富山県立大学・工学部・講師

研究者番号：60397239