

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H04136

研究課題名(和文) Al合金のフラックスフリーロウ付に対する雰囲気酸素分圧と添加元素の影響

研究課題名(英文) Influences of oxygen partial pressure and additive elements on flux-free brazing of aluminum alloys

研究代表者

小澤 俊平 (Ozawa, Shumpei)

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号：80404937

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：Al合金製品のロウ付では、酸化皮膜除去と再酸化防止のために、フラックスの使用が欠かせない。しかし、Mg添加された高強度Al合金には適用できない問題や、フラックス残渣が、最終製品の不良や故障の原因となり得る問題がある。本研究では、試料へのMg添加が、アルミニウム合金のフラックスフリーロウ付を可能とすることを確認した。さらに、ジルコニア式酸素ポンプにより雰囲気酸素分圧を $1e-30$ atmまで低減すると、従来のフラックスロウ付に匹敵する接合性が得られる事が分かった。また、フラックスフリーロウ付で形成するフィレット形状は、溶融ろうの表面張力によって変化する事を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、ジルコニア式酸素ポンプによる極低酸素分圧においてAl合金のフラックスフリーロウ付を実現した。これは、従来は困難であったZn添加による防食や、Mg添加された高強度Al材への適用が可能となるもので、社会的に意義が高い。また単にロウ付実験を行うだけで無く、溶融ろうの表面張力測定も行うことで、添加元素がフラックスフリーロウ付に与える本質的な効果を明らかにした。特に酸素については、従来は酸化に対する影響のみが着目されてきたが、それは強力な表面活性元素であるため、表面張力の変化を介しても、ロウ付性に影響していることを示した。これは、高温融体の表面科学の観点から学術的にも意義が高い。

研究成果の概要(英文)：The standard brazing process of aluminium alloys require use of non-corrosive fluxes to remove oxides from the base material and to prevent oxidation during the heating process. However it is difficult to used the Flux when brazing aluminum alloys containg a certain amount of Mg. Furthermore, residual flux even after brazing followed by cleaning may cause defects in the final product. In order to develop flux-free brazing of aluminum alloys, it was investigated the influences of sample composition and oxygen partial pressure of atmospheric gas on the brazability of allminum alloys. As a result, it was confirmed that the addition of Mg into the sample improves flux-free brazability of aluminum alloy. Furthermore, when oxygen partial pressure of atmospheric gas was down to ultra low value of $1e-30$ atm, very good brazability was obtained comparable with that by flux brazing. It was indicated that surface tension of molten filler alloys influences on the shape of brazing fillets.

研究分野：高温融体プロセス

キーワード：アルミニウム合金 フラックスフリーろう付 表面張力 雰囲気酸素分圧

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

アルミニウム合金製のコンデンサ、エバポレータ、ラジエータ等は、心材にろう材を圧延接合したブレージングシートの成形品を主材料として、ろう付接合によって製造されている。その際、アルミニウム合金は非常に酸化しやすく、それが溶融ロウの進展を阻害する事から、酸化皮膜除去と再酸化防止のために、フッ化物系フラックスの使用が欠かせない（ノコロックロウ付、SOLVAY 社 Nocolok®）。ただし、Mg 添加された高強度アルミニウム合金においては、このフラックスと Mg の化学反応によって生成するフッ化マグネシウムが、ろう付不良を引き起こしてしまう問題がある。また、フラックスの塗布および除去は、時間的・経済的にも不利であることや、フラックスの残渣がある場合には、それが製品の塗装に悪影響を及ぼしたり、最終製品の故障を引き起こしたりする事もあり得る。したがって、これらの問題を解決するために、アルミニウム合金のフラックスフリーロウ付が必要である。

実用化されているものとしては、真空ろう付がある(Welding J. 49 843 (1970))。この方法では、炉内圧力を 10^{-8} atm ~ 10^{-10} atm に真空排気するとともに、ブレージングシートやろう材に、酸素ゲッターとして機能する Mg を添加して、試料の酸化を抑制している(軽金属, 41 3, (1991))。しかし、その接合性は、フラックスロウ付よりも劣る。また設備が高価で、Mg の蒸発に起因する清掃や計器類のメンテナンスにも費用がかかる。さらに、防食に使用される Zn などの蒸気圧の高い添加元素を使用できない問題もある。

2. 研究の目的

アルミニウム合金のフラックスフリーロウ付に関する従来の研究は、接合材やロウ材の組成改良に関するものが殆どである。有望なものとしては、Al-Si 合金ロウ材に Bi や Mg を同時添加すると、フラックス量を減らしても、窒素中で比較的良好なロウ付性が得られる事が報告されている(例えば Proc. Vehicle thermal Management Sys. Conf. 35, 2011 など)。しかしこれらの研究では、フラックスを完全に無くすには至っていない。また、これらの添加がロウ付け性を向上させる理由については、試料の酸化抑制や、表面張力の低下、酸化皮膜の破壊促進等が予想されているものの、それらを具体的に調べた例はなく、詳細は不明なままである。

固体電解質である安定化ジルコニアを用いた酸素ポンプでは、Al 合金の一般的なロウ付温度である $\sim 600^{\circ}\text{C}$ 付近において、不活性ガスの酸素分圧 (P_{O_2}) を、 10^{-30} atm 以下の非常に低い値まで低減できる。これは、酸素含有量が 0.1 vol. ppm の高純度不活性ガスで置換されたチャンバの内圧を、 10^{-10} atm まで真空引きした時(真空ロウ付時)の理想値よりも 13 桁も低い。それゆえ、真空ロウ付よりも酸化が抑制され、接合性が向上する可能性がある。また、大気圧雰囲気でのロウ付が可能である事から、真空ロウ付では蒸発のために困難であった Zn 防食処理や、Mg の蒸発による炉内汚染の抑制も期待できる。

そこで本研究では、電磁浮遊炉を用いた液滴振動法を利用して、溶融ロウの表面張力と組成の関係や、酸化被膜の破壊挙動について調べた。また、ジルコニア式酸素ポンプを用いて、アルミニウム合金のフラックスフリーロウ付に及ぼす試料組成や雰囲気酸素分圧の影響について、表面張力や酸化被膜の破壊挙動の観点から明らかにする事を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 溶融ロウの表面張力測定

$6 \times 6 \times 4.8\text{mm}$ に切断した Al-Si 系合金を、図 1 の電磁浮遊炉にセットし、上部から酸素分圧が $P_{\text{O}_2} = 10^{-7}$ atm の高純度 Ar-He ガスをフローしながら電磁浮遊加熱した。試料が溶融した後、半導体レーザー照射による補助加熱を重畳するとともに、試料の浮遊位置と Ar/He の流量比を変えることで、試料温度を調整した。その際、試料温度は単色放射温度計で測定した。試料温度が一定となった後、高速ビデオカメラを用いて、液滴の表面振動および並進運動挙動を記録した。得られた画像から浮遊液滴の $l=2$ モードにおける $m=0$, $m=\pm 1$, $m=\pm 2$ 周波数および並進周波数を同定し、Rayleigh (1879) の式と, Cummings と Blackburn (1991) による補正を用いて表面張力を算出した。

(2) すきま充填試験によるロウ付性評価

ロウ付性評価には、軽金属溶接構造協会によって規格化された、すきま充填試験 (LWS T 8801 : 1991) を採用した。図 2 および図 3 に、試験片と実験装置の概略を示す。A3003 合金を基本組成とした心材に Al-Si 系合金ロウを圧接したブレージングシートを水平材とした。この上に、切断面を形削り加工した A3003 の垂直材と直径 1.6mm の SUS304 の丸棒を設置して隙間を設け、SUS304 の細線で固定した。なおこれらの材料は、硝酸水溶液による酸洗を施し、酸化被膜を除去してから使用した。

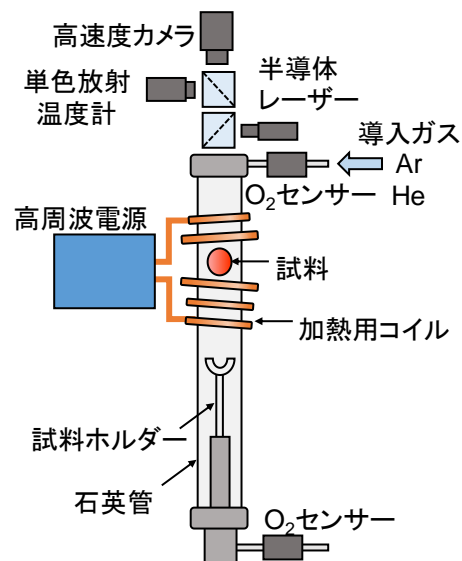


図 1 電磁浮遊装置

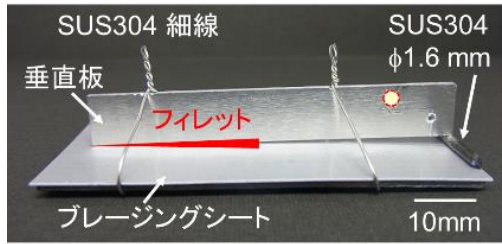


図2 すきま充填試験片

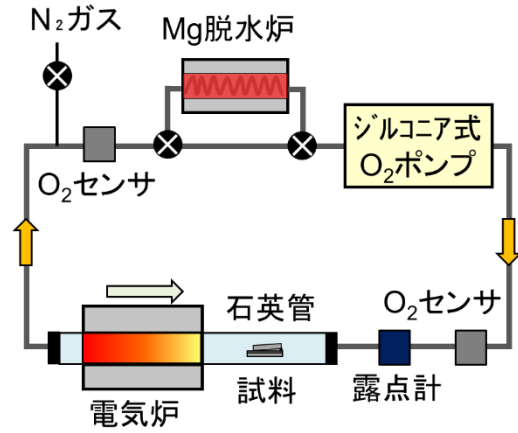


図3 ロウ付実験装置概略

この試験片を、石英ガラスチャンバ内にセットし、高純度窒素ガスを2L/minでフローしながら電気炉内で加熱し、600°Cで9分保持した後急冷した。その際、試料の加熱速度を5-40°C/minに制御した。またこの時の雰囲気酸素分圧は、高純度窒素ガスを用いた場合の $P_{O_2} \approx 10^{-6} \sim 10^{-7}$ atmと、このガスをジルコニア式酸素ポンプに循環させて得た $P_{O_2} \approx 10^{-30}$ atmの2条件とした。なお、これらの P_{O_2} の値は、 H_2 - CO_2 ガス平衡や、金属の酸化還元反応を利用して校正したジルコニア式酸素センサを用いて、チャンバ入口および、酸素ポンプの入口、出口の3カ所で測定し、十分に安定していることを確認した。ロウ付された試験片を回収し、間隙に形成されたフィレットの長さや形状からロウ付性を評価した。

(3) 密閉構造体のロウ付試験

端面に形削り加工を施した A3003 の角パイプの上下を、ブレージングシートで挟み、密閉構造とした(図4)。これらはすきま充填試験片と同様に、硝酸水溶液による酸洗を施してから使用した。また、加熱中にブレージングシートが湾曲するのを抑制するために、A3003の補強板を用いた。これを石英チャンバに設置し、雰囲気酸素分圧が $P_{O_2} \approx 10^{-6} \sim 10^{-7}$ atmの N_2 ガスをフローしながら、40°C/minで加熱した。600°C到達後、9分間保持してから急冷し、取り出した。得られた試験片の垂直中心を、精密切断した後、湿式研磨およびエッチングを施し、レーザ顕微鏡で観察した。

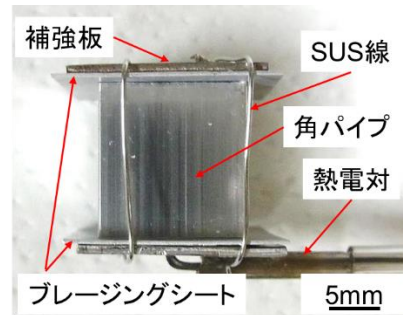


図4 密閉構造試験片の例

4. 研究成果

(1) 熔融ロウの表面張力測定結果

図5に、Al-Si合金融体の表面張力測定の結果を示す。基本組成であるAl-10%Si合金融体の表面張力は、Keeneが纏めた純Alの表面張力とよく一致した。これは、純Alと純Si融体の表面張力が近いためである。また、Al合金のロウ付性向上のためにしばしば添加されるMgは、表面張力には殆ど影響していないことが分かった。また、BiはMgと同時に添加することで、表面張力を低下させることが示唆され、ロウ付性を向上させるとの報告と矛盾しない結果となった。

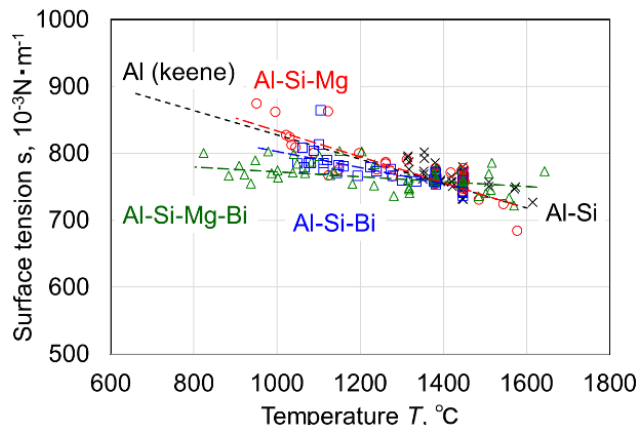


図5 Al-Si系融体の表面張力

(2) すきま充填試験結果

図 6 に、すきま充填試験後の代表的な試験片の外観を示す。一般的な Al-Si ロウを用いて Al-Mn 合金のフラックスフリーロウ付を試みたが、水平板と垂直板の隙間にはフィレットが全く形成されず、接合が全く不可能であった。それに対して、ロウ材や母材に、表面張力の低下効果のある Mg や Bi を添加した場合は、フラックスフリーにおいても比較的長いフィレットが形成された。特にジルコニア式酸素ポンプを用いて、酸化抑制の為に雰囲気酸素分圧を $P_{O_2}=10^{-30} \text{atm}$ まで低減すると、フラックスフリーに匹敵する接合性が得られる事が分かった。

	フラックスあり		フラックスなし	
		充填なし		
ろう材	Al-Si	Al-Si	Al-Si-Bi	Al-Si-Bi
母材	Al-Mn	Al-Mn	Al-Mn-Mg	Al-Mn-Mg
P_{O_2}	10^{-6}atm	10^{-6}atm	10^{-6}atm	10^{-30}atm

図 6 すきま充填試験後の代表的な試験片外観

ただし、雰囲気酸素分圧を $P_{O_2}=10^{-30} \text{atm}$ の非常に低い値まで低減したとしても、それは依然として、Al の平衡酸素分圧には遠く及ばない程高い。したがって、試料の酸化抑制の観点からフラックスフリーロウ付性を向上させるためには、試料の加熱速度が重要な因子となる。そこで、加熱速度とフィレット長さの関係について調べた。その結果を図 7 に示す。雰囲気酸素分圧の値に依らず、試料の酸化抑制を狙って加熱速度を速くするほど、形成されるフィレットが長くなる事が分かった。ただし、加熱速度がおおよそ $50^\circ\text{C}/\text{min}$ よりも大きくなると、フィレットが短くなり、ロウ付性が極端に低下した。そこで加熱速度の増大による酸化抑制の確認と、ロウ付性の低下の原因を探るべく、実験後試験片のロウ材表面について TEM 分析を行った。その結果、加熱速度の増大によるロウ付性の向上は、酸化被膜の生成量が減少するためである事が確認された。またこの酸化被膜は、試料中の Mg が表面まで拡散して生成した MgAl_2O_4 である事が分かった。さらに、雰囲気酸素分圧を $P_{O_2}=10^{-30} \text{atm}$ まで低減した場合は、酸化被膜が微細に分断することで、ロウ付性が向上したことが明らかになった。なお、加熱速度を $50^\circ\text{C}/\text{min}$ まで大きくした際に、ロウ付性が著しく低下する原因は、試料中の Mg が表面に拡散する時間が不足することにより、この酸化被膜の分断が抑制されるためであった。

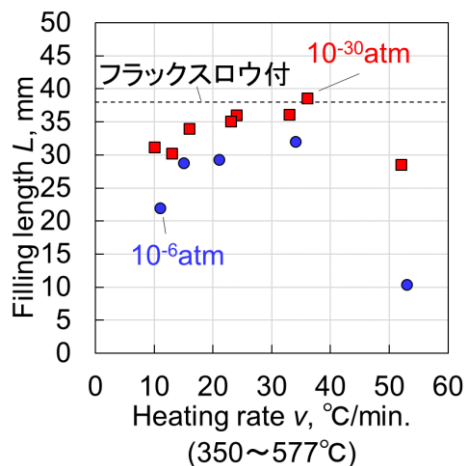


図 7 加熱速度とフィレット長さの関係

以上の事から、雰囲気酸素分圧の低減と試料の組成改良によって、フラックスフリーにおいても、アルミニウム合金の良好なロウ付を達成した。

(3) 密閉構造試料への適用結果

図 8 に、 $15\text{mm} \times 15\text{mm}$ の角パイプの上下をフラックスフリーロウ付したときの接合断面写真の代表を示す。上面を開放し、底面だけをフラックスフリーロウ付した場合 (図 8 左)、角パイプの内外では、ほぼ同じ大きさのフィレットが形成された。それに対して、角パイプの上下をフラックスフリーロウ付して密閉構造とした場合 (図 8 右) は、密閉内部のフィレットが、外部のフィレットよりも大きくなった。これは、密閉構造内外の酸素分圧変化により生じる表面張力差を考慮することで説明できる。今回のフラックスフリーロウ付は、雰囲気ガスフロー下で実施したため、開放試料においては、加熱中に試料の表面酸化が発生しても、雰囲気酸素分圧は変化しない。それに対して密閉構造試料内部では、加熱中の表面酸化によ

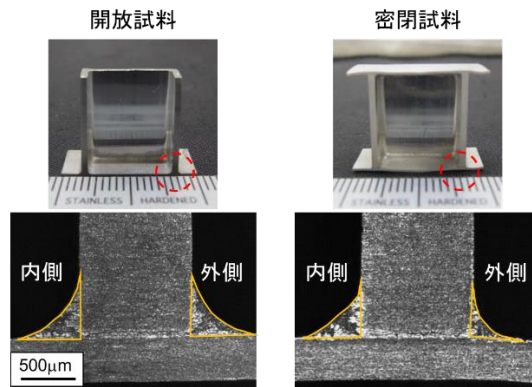


図 8 密閉構造試料のフラックスフリーロウ付断面

て潜在的に存在している酸素が一旦消費されると、それ以降は雰囲気ガスの供給がないため、外部よりも酸素分圧が低下する。また、酸素は金属融体に対して強力な表面活性効果を有するため、金属融体の表面張力は、一般的に酸素分圧が高くなるほど低下し、酸素分圧が低くなると大きくなる傾向がある(図9)。その結果、密閉構造試料では、内外での溶融ロウの表面張力差により溶融ロウが外部から内部へと牽引されることとなる。

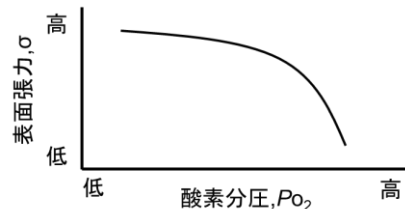


図9 金属融体の表面張力に対する酸素分圧の関係の概略

ただし、密閉構造試料の内部体積が大きくなると、内外での酸素分圧差が小さくなるため、この表面張力差に起因したフィレットの大きさに及ぼす影響が小さくなるはずである。そこでこれを確認するために、試料サイズを変えた実験を行った。その代表的な結果の1つとして、□10mmの角パイプの高さを変えた密閉構造試料をフラックスフリーロウ付した結果を図10に示す。試料高さが15mm以下の容積が小さい場合は、常に内部フィレットが外部フィレットよりも大きくなったが、試料高さが20mmになると、実験により内外フィレットの大小が入れ替わった。また、試料高さを25mm以上にすると、全ての実験において内部フィレットよりも外部フィレットが大きくなった。この挙動は、角パイプ一辺のサイズを変えても同様の傾向を示した。ただし、この方法で容積を変化させた場合は、試料表面積や接合に必要なロウ量も変化するため、単純に比較出来ない。そこで、フィレットの大きさを総断面積で規格化するとともに、内部容積をロウ量で規格化することを試みた。その結果を、図11に示す。この図では、右に行くほど、ロウ量に対して内部容積が大きくなっている。角パイプの一辺の長さに関係なく、内部容積が小さい場合は、内部フィレットの方が大きいことが確認できる。また、容積が大きくなると、徐々に大きさにバラツキが表れ、容積とロウ量の比が4まで大きくなると、内外フィレットの大きさは等しくなったり、逆転したりするようになった。また、その比が5まで大きくなると、外部フィレットの方が安定的に大きくなった。これは、密閉構造内外での溶融ロウの表面張力差が小さくなり、溶融ロウの内部への牽引がなくなったことに加え、内部に潜在的に存在しているロウに限られている(角パイプの底面積に対応)のに対し、外部ではロウ量が多いためであった。

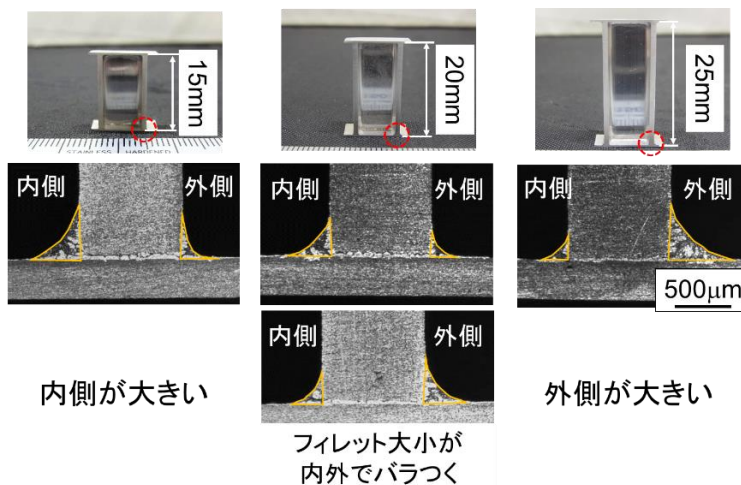


図10 フラックスフリーロウ付した密閉構造試料の内外フィレットと試料容積の関係

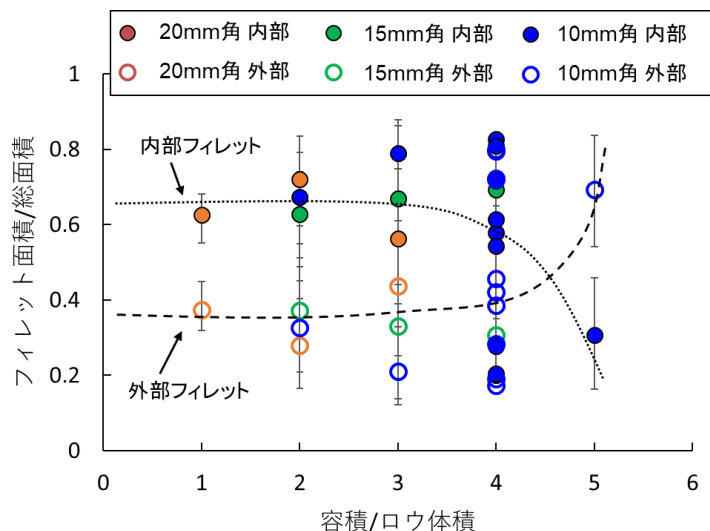


図11 密閉構造試料の内外フィレットの大小に対する容積/ロウ量の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 S. Ozawa, Y. Kudo, K. Kuribayashi, Y. Watanabe, and T. Ishikawa	4. 巻 58
2. 論文標題 Precise Density Measurement of Liquid Titanium by Electrostatic Levitator	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1664-1669
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.2320/matertrans.L-M2017835	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小澤俊平, 西村大	4. 巻 38
2. 論文標題 銀銅融体の表面張力に対する組成, 温度, 酸素活量の影響	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本熱物性シンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 B111 1-3
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shumpei OZAWA, Yuki KAWANOBE, Kazuhiko KURIBAYASHI and Toru NAGASAWA	4. 巻 33
2. 論文標題 Influence of Trace Impurities on Oxygen Activity for High Purity Nitrogen Gas Processed by Zirconia Oxygen Pump	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Int. J. Microgravity Sci. Appl.	6. 最初と最後の頁 330214
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15011/jasma.33. 330214	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 S. Ozawa, Y. Kawanobe, K. Kuribayashi, and T. Nagasawa	4. 巻 33
2. 論文標題 Influence of Trace Impurities on Oxygen Activity for High Purity Nitrogen Gas Processed by Zirconia Oxygen Pump	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Int. J. Microgravity Sci. Appl.	6. 最初と最後の頁 23456
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計33件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 小澤俊平
2. 発表標題 金属融体の表面張力に対する雰囲気酸素分圧の影響
3. 学会等名 溶接学会界面接合研究委員会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kota Sugisawa, Masahiro Itakura, and Shumpei Ozawa
2. 発表標題 Surface tension of high temperature liquid silicon under well controlled oxygen partial pressure in vicinity of melt surface
3. 学会等名 The 12th International Workshop on Subsecond Thermophysics (IWSSTP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaya Iwano and Shumpei Ozawa
2. 発表標題 High temperature measurement of surface tension of liquid aluminum by electromagnetic levitation
3. 学会等名 The 12th International Workshop on Subsecond Thermophysics (IWSSTP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Yoshizaki, Masahiro Itakura, and Shumpei Ozawa
2. 発表標題 Composition dependence of surface tension for Fe-Si alloys measured by electromagnetic levitation method
3. 学会等名 The 12th International Workshop on Subsecond Thermophysics (IWSSTP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shumpei Ozawa, Masaru Nishimura, Yu Kudo, and Takehiko Ishikawa
2. 発表標題 Influence of oxygen partial pressure on surface tension of metallic melts” The 12th International Workshop on Subsecond Thermophysics (IWSSTP 2019)
3. 学会等名 The 12th International Workshop on Subsecond Thermophysics (IWSSTP 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋口龍輝, 高橋駿, 小澤 俊平
2. 発表標題 溶鉄の表面張力に対する雰囲気ガス種の影響
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋口龍輝, 高橋駿, 吉崎隼人, 小澤俊平
2. 発表標題 単純ガス混合および緩衝ガス混合下における溶鉄及び熔融ニッケルの表面張力測定
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第31回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋駿, 樋口龍輝, 吉崎隼人, 小澤俊平
2. 発表標題 金属融体の表面張力に対する酸素分圧制御法の影響
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第31回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱田輝哉, 中野禅, 佐藤直子, 小澤俊平
2. 発表標題 選択式レーザー溶融法のビード形状に及ぼす雰囲気の影響
3. 学会等名 第27回機械学会・材料加工技術講演会 (M&P2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩野貴哉, 小澤俊平
2. 発表標題 電磁浮遊法を用いたアルミニウム融体の表面張力に対する雰囲気酸素分圧の影響
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉澤昂太, 板倉真博, 小澤俊平
2. 発表標題 Si 融体の表面張力に対する表面酸素分圧の影響
3. 学会等名 日本鉄鋼協会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shumpei Ozawa, Mararu Nishimura
2. 発表標題 Surface tension of molten brazing filler alloys measured by the electromagnetic levitation technique
3. 学会等名 12th Asian Microgravity Symposium
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayato Yoshizaki, Takumi Tsukahara, Shumpei Ozawa
2. 発表標題 Surface Tension Measurement of Molten Fe-Si Alloys by Electromagnetic Levitation Method
3. 学会等名 12th Asian Microgravity Symposium
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiro Suzuki, Takuya Nakajima, Shumpei Ozawa
2. 発表標題 High Temperature Measurement of Surface Tension for Molten Zircaloy by Containerless Technique
3. 学会等名 12th Asian Microgravity Symposium
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板倉真博, 杉澤昂太, 村越至, 栗林一彦, 小澤俊平
2. 発表標題 表面酸素分圧を考慮した電磁浮遊法による半導体融体の表面張力測定
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第30回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉澤昂太, 板倉真博, 村越至, 栗林一彦, 小澤俊平
2. 発表標題 電磁浮遊法を用いた半導体融体の表面張力に及ぼす雰囲気酸素分圧の影響
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第30回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉崎隼人, 塚原拓海, 小澤俊平
2. 発表標題 電磁浮遊法を用いたFe-Si合金融体の表面張力
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第30回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩野貴哉, 小澤俊平
2. 発表標題 電磁浮遊法による液体アルミニウムの表面張力測定
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第30回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉崎隼人, 小澤俊平
2. 発表標題 Fe-Si合金融体の表面張力に対する組成依存性
3. 学会等名 日本鉄鋼協会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長島充宏, 小澤俊平, 松本卓也, 篠田智之, 柳川裕, 鈴木太一
2. 発表標題 Al合金のろう付継手のフィレット形成に及ぼす酸素分圧の影響
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長島充宏, 小澤俊平, 松本卓也, 篠田智之, 柳川裕, 鈴木太一
2. 発表標題 密閉構造を有するAl合金のろう付性と雰囲気酸素分圧の関係
3. 学会等名 溶接学会 平成30年度秋季全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小澤俊平, 鈴木岳大, 中野拓哉, 工藤優
2. 発表標題 電磁浮遊法によるジルカロイ融体の表面張力
3. 学会等名 日本金属学会2018年春季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小澤俊平, 西村大
2. 発表標題 銀銅融体の表面張力に対する組成, 温度, 酸素活量の影響
3. 学会等名 第38回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 板倉真博, 小澤俊平, 栗林一彦, 村越至
2. 発表標題 酸素活量を考慮した電磁浮遊法によるシリコン融体の表面張力測定
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第29回学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木岳大, 小澤俊平, 栗林一彦, 中野拓哉, 工藤裕
2. 発表標題 電磁浮遊法によるジルカロイ融体の表面張力測定
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第29回学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小澤俊平, 鈴木岳大, 中野拓哉, 工藤優
2. 発表標題 電磁浮遊法によるジルカロイ融体の表面張力
3. 学会等名 日本金属学会2018年春季講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小澤俊平, 西村大
2. 発表標題 銀銅融体の表面張力に対する組成, 温度, 酸素活量の影響
3. 学会等名 第38回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 板倉真博, 小澤俊平, 栗林一彦, 村越至
2. 発表標題 酸素活量を考慮した電磁浮遊法によるシリコン融体の表面張力測定
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第29回学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木岳大, 小澤俊平, 栗林一彦, 中野拓哉, 工藤裕
2. 発表標題 電磁浮遊法によるジルカロイ融体の表面張力測定
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会 第29回学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 篠田智之, 小澤俊平, 栗林一彦, 山吉知樹, 伊藤泰永
2. 発表標題 Al合金のフラックスフリーろう付に及ぼすMg添加と雰囲気酸素分圧の影響
3. 学会等名 日本金属学会2017年春季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Shinoda, S. Ozawa, K. Kuribayashi, T. Yamayoshi, and Y. Ito
2. 発表標題 Flux-free Brazing of Aluminum Alloys under Ultra-low Oxygen Partial Pressure using Zirconia Oxygen Pump
3. 学会等名 10th International Conference on Trends in Welding Research (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 篠田智之, 小澤俊平, 栗林一彦, 山吉知樹, 伊藤泰永
2. 発表標題 極低酸素分圧雰囲気におけるアルミニウム合金のフラックスレスろう付
3. 学会等名 軽金属学会 第130回春季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 篠田智之, 小澤俊平, 栗林一彦, 山吉知樹, 伊藤泰永
2. 発表標題 アルミニウム合金のフラックスレスろう付性に及ぼす加熱時間および雰囲気酸素分圧の影響
3. 学会等名 日本金属学会2016年春季(第158回)講演大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考