

アルミニウム合金の摩擦肉盛に関する研究

時末 光 (機械工学科)

1. 緒言

摩擦熱を有効利用する摩擦肉盛は表面改質の手法として期待されており、著者は^{1)~3)}これまでに5052アルミニウム合金を基材として、同種材および異種材を摩擦肉盛し、得られた肉盛材の組織および機械的性質などの検討を行い、摩擦肉盛特性を明らかにするとともに、摩擦肉盛が表面改質に有用であることを明らかにした。さらに、異種材料を摩擦肉盛して得られた肉盛材を圧延して表裏の機能が異なる機能性材料を作製することが可能であることを示唆した。また、摩擦肉盛を機能性材料の作製に適用するために、広範囲に肉盛層を得るための方法として多層肉盛法を提案し、その有用性を示した。

本研究では、単層摩擦肉盛において肉盛効率を向上させる一手法として、パイプ形状の肉盛金属を使用する方法を提案し、その有用性について検討を行った。

2. 供試材および実験方法

基材には、前報^{1)~3)}と同一の5052-H34アルミニウム合金板(板厚5mm)を幅50mm、長さ150mmに機械加工したもを用いた。肉盛金属は外径20mm、内径10mmの5052アルミニウム合金パイプ^oを長さ100mmに機械して用いた。また、予備実験には、前報と同一の直径20mmの丸棒に直径10mmの穴加工を行ったものをパイプとして使用した。

供試材の化学組成をTable 1に、機械的性質をTable 2に示す。

摩擦肉盛には、前報^{1)~3)}までと同一の数値制御全自動摩擦圧接機を使用した。摩擦肉盛条件はTable 3に示す条件を組合せて、長さ規制(肉盛金属の長さが30mm短くなった時肉盛を終

Table 1 Chemical compositions of specimens. (mass%)

Material	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Al
Plate	0.09	0.27	0.02	0.03	2.49	0.18	Bal.
Pipe	0.13	0.13	0.00	0.00	2.45	0.25	Bal.
Bar	0.13	0.15	0.03	0.04	2.24	0.15	Bal.

Table 2 Mechanical properties of specimens.

Materials	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV0.1)
Plate	256	12.6	69.2
Pipe	308	12.3	87.6
Bar	245	16.2	78.0

Table 3 Friction surfacing conditions.

Rotational speed N (s ⁻¹)	41.7, 50
Friction pressure P (MPa)	15, 20, 25, 30, 35
Traverse speed f (mm/s)	13, 15, 20, 25

了する)により行った。また、肉盛長さは90mmとした。

得られた肉盛材の外観観察、組織観察、硬さ試験および肉盛前後の肉盛金属の重量比より肉盛効率を求めた。

3. 予備実験

Fig.1に穴加工を行った丸棒を用いた肉盛材の外観を示す。穴あき丸棒を用いた場合には、外観から明らかなように、肉盛条件に関係なく正常な肉盛層が得られなかった。このことは、Fig.2に示す肉盛後の肉盛金属断面の一例から明らかなように、内側に排出されるばりの形状によるものであり、ばりは内壁に沿って軸方向に排出され、肉盛に必要な中央部にばりが存在しない状態となることによるものと考えられる。パイプを用いた

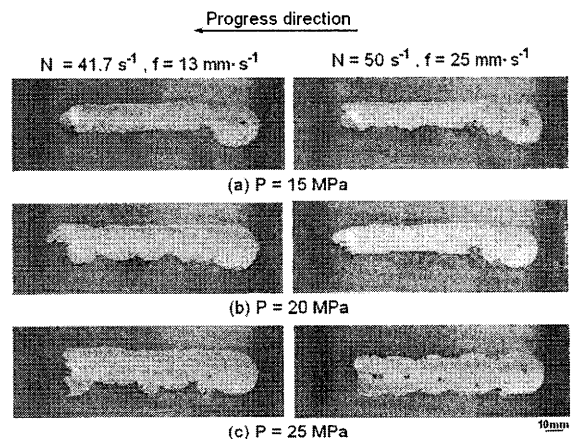


Fig.1 Appearances of deposit with drilled bar.

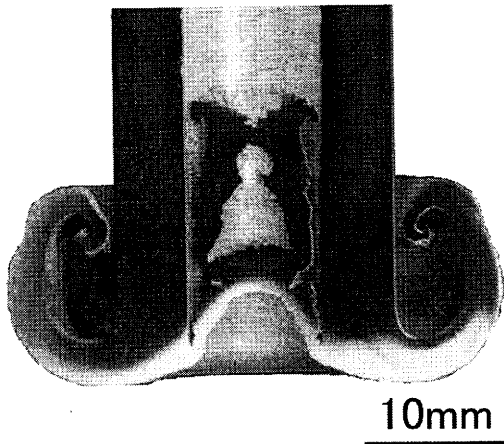


Fig.2 Macrostructure of rod with drilled hole.

結果は後述するが、パイプを用いた場合には穴の中央部を塞ぐような状態でばりの張り出しが認められることによものとする。

これらのことより、以下の実験にはパイプを肉盛金属として用いた。

3. 実験結果および考察

肉盛材の外観をFig.3に示す。パイプを用いた肉盛材の外観は、同種材丸棒を用いた肉盛材と類似の様相を呈したが、肉盛層表面に観察される円弧状の模様は丸棒を用いた場合に比較して凹凸が大きくなり明瞭に観察された。また、パイプを用いた場合には、送り速度の増加に伴い肉盛層両端に肉盛層が不規則にばり状に張り出す現象が多く認められるようになった。ばり状の肉盛層は、摩擦圧力および肉盛金属の回転数の減少、送り速度の増加に伴い明瞭に認められるようになった。このことは、これらの肉盛条件では肉盛時に十分な加熱が得られない状態で摩擦圧力により肉盛金属が押し出されるためであるとする。

Fig.4に肉盛後の肉盛金属の外観と断面の巨視的組織を示す。肉盛金属の外観は丸棒を用いた場合と類似した様相を呈し、パイプと板の摩擦圧接継手⁴⁾と類似のばり発生が観察された。ばりはパイプの内側にも発生し、外側のばりに比較して接合面からの長さは著しく長くなった。また、内側のばりは、摩擦圧接継手では中心部まで及び穴を塞ぐことが多いが、摩擦肉盛ではばりは穴を塞ぐような状態ではあるが、完全に中心部まで充填することはなかった。このことは、摩擦圧接では排出されたばりは、全てばりと

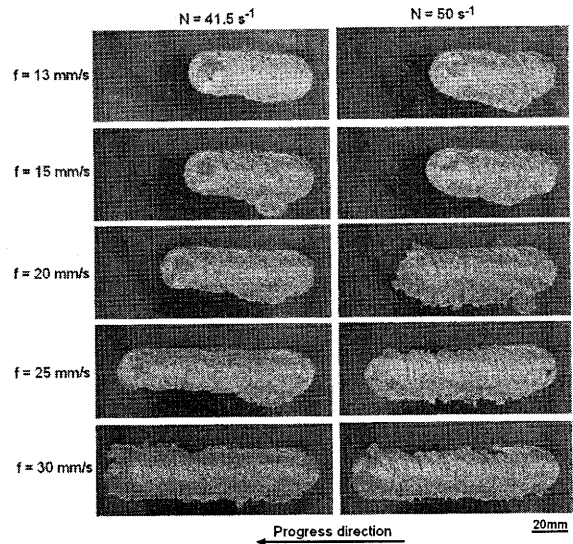


Fig.3 Appearances of deposits under condition of friction pressure 20 MPa.

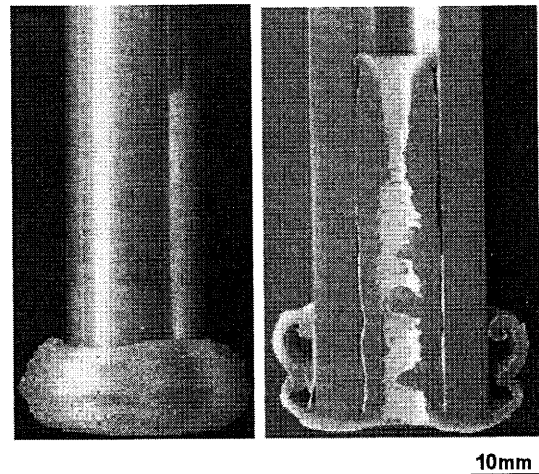


Fig.4 Macrostructures of deposit under conditions of $N = 50 \text{ s}^{-1}$ and $P = 20 \text{ MPa}$.

なり残存するが、肉盛では一旦ばりとして排出された後、再度肉盛金属として基材上に肉盛層を形成するために寄与するためであるとする。

Fig.5に肉盛材の巨視的組織を示す。巨視的には肉盛金属に丸棒を用いた肉盛材と酷似した様相を示した。肉盛層と基材との界面は肉盛層両端の一部に未接合部が丸棒を用いた場合と同様に観察されたが、内部には接合欠陥などは一切観察されなかった。

Fig.6に肉盛層の形状を測定した結果を示す。肉盛層の幅は前述したように、肉盛条件によっては肉盛層がばり状となる傾向を示すために、ばらつきは認められるが、その値は25mm~30mm

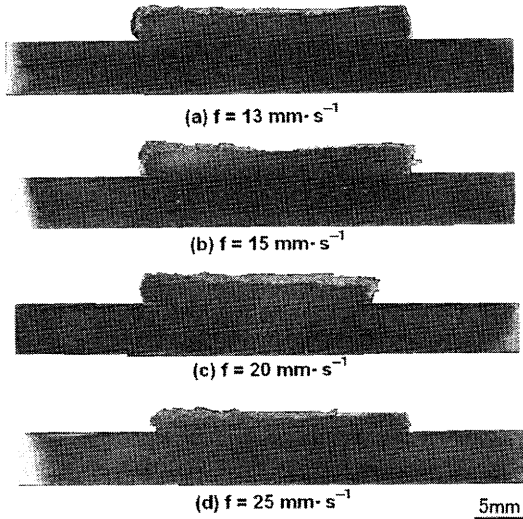


Fig.5 Appearance and macrostructure of rod under conditions of $N = 41.7 \text{ s}^{-1}$, $P = 25 \text{ MPa}$ and $f = 15 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$.

であり肉盛条件の違いによる明確な傾向は認められなかった。

肉盛層の長さは摩擦圧力の大小に関係なく、送り速度の増加に伴い長くなる傾向が認められ、送り速度 $30 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ の条件では最大肉盛長さが得られた。肉盛層長さは、摩擦圧力 15 MPa の条件が最も長くなる傾向にあったが、摩擦圧

力 20 MPa 以上では摩擦圧力の大小による差異はほとんど認められなかった。

肉盛層厚さは送り速度の増加に伴い薄くなる傾向が認められたが摩擦圧力の大小による差異は認められなかった。

Fig.7に肉盛層の形状に関する肉盛効率を示す。肉盛効率は回転数 50 s^{-1} の場合には、送り速度の影響は少なく、摩擦圧力が同一ならば、ほぼ一定値と見なせる程度の差であった。回転数 41.5 s^{-1} では、摩擦圧力が小さくなるのに伴い肉盛効率は向上する傾向にあり、回転数 50 s^{-1} と同様に摩擦圧力が小さいほど肉盛効率は高くなった。本実験の範囲内では、最大肉盛効率は 54.6% の値が得られた。この肉盛効率は肉盛条件によって若干異なるが、類似の肉盛条件では、丸棒を用いた場合の約2倍の肉盛効率が得られた。このことは、パイプを用いる場合には、一旦内部に排出されたばかりが再度肉盛層の形成に寄与するためであると考えられる。

Fig.8に肉盛材の微視的組織を示す。基材と肉盛層の界面は僅かに判別できる程度であり、丸棒を用いた場合と同様に肉盛層の組織は微細な組織を示した。外周部では、前述したように

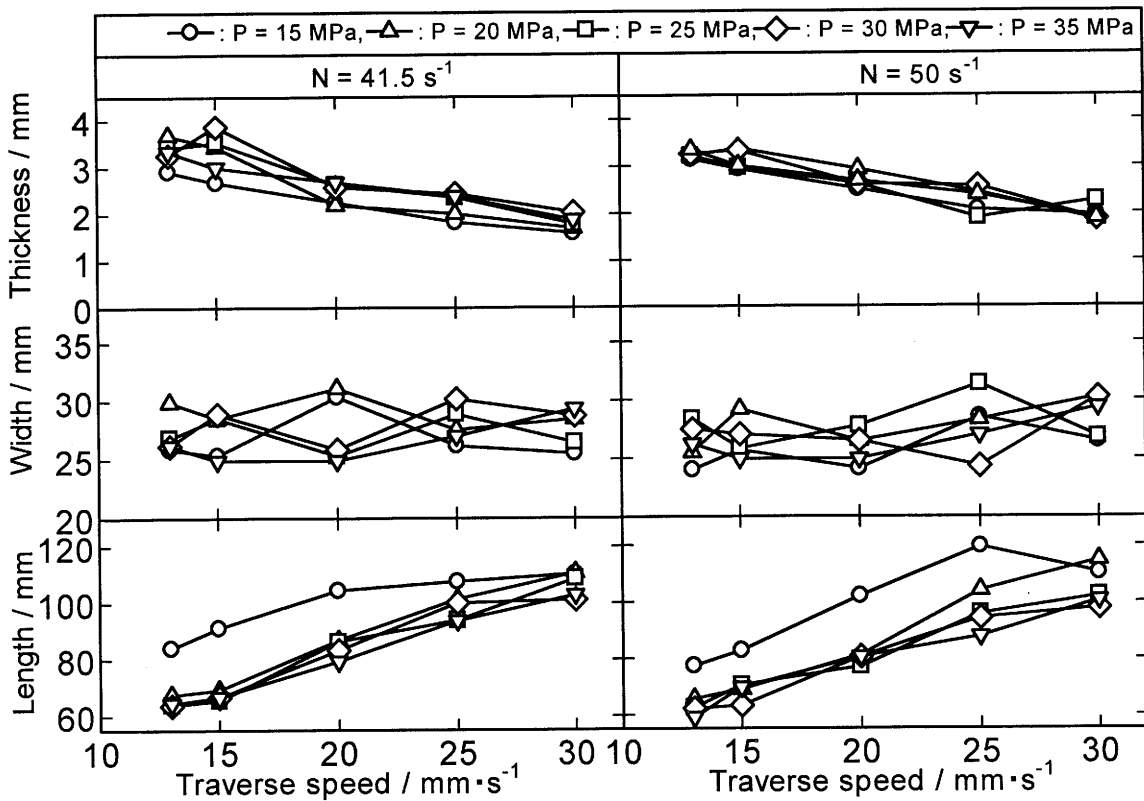


Fig.6 Relation between traverse speed and length, width and thickness of deposit.

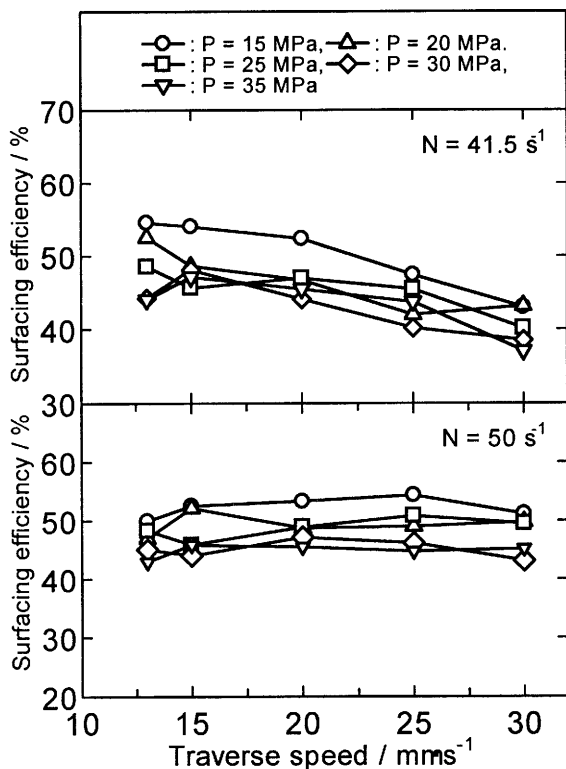


Fig.7 Relation between traverse speed and surface efficiency.

肉盛層がばり状となる条件では一部に基材と完全に接合されていない部分が観察された。この未接合部はばり状に張り出した部分に多く観察されたが、Fig.3に示した外観で $N = 41.7\text{s}^{-1}$ で $f = 25\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下の条件の肉盛材と類似の形状、すなわちばりの張り出しの少ない肉盛層を呈する条件では未接合部はほとんど観察されなかった。

Fig.9に肉盛層直下の基材部の硬さ分布の測定結果を示す。接合面より0.5mm離れた位置では軟化が認められ、接合界面より離れるのに伴い軟化域の硬さは高くなり、幅も狭くなる傾向を示し、基材部より2.5mm離れた位置では軟化域はほとんど認められなくなった。最軟化部の軟化割合は丸棒を用いた場合と同程度であったが、接合界面より1.5mm以上離れた部分の軟化割合は丸棒を用いた場合に比較して小さくなる傾向にあった。このことは、丸棒を用いる場合は中心部からの発熱が少なく、摩擦面全体として摩擦による発熱量が少なくなるためであると考えられる。また、軟化域は肉盛金属の回転中心より僅かに右側に偏る傾向が認められた。このことは、前述したように肉盛金属が肉盛時に送り方向の

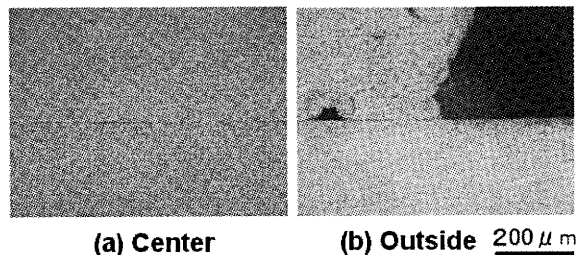


Fig.8 Microstructures of deposit under condition of $N = 50\text{s}^{-1}$, $P = 25\text{MPa}$ and $f = 25\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$.

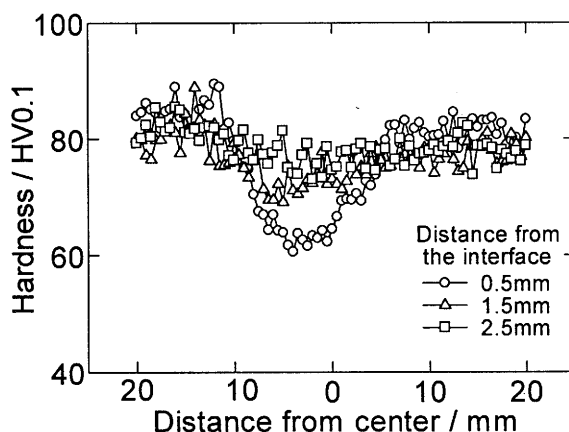


Fig.9 Hardness distributions of deposit under condition of $N = 50\text{s}^{-1}$, $P = 25\text{MPa}$ and $f = 20\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$.

右側に偏る傾向を示すためであり、丸棒を用いた場合にも観察される現象である。

4. まとめ

これらの結果より、肉盛金属にパイプを用いることにより、肉盛材の品質を損なうことなく肉盛効率の向上が可能であり、丸棒を用いた場合に比較して、高回転数、高送りの条件で肉盛ができ作業効率も向上することが明らかとなった。

参考文献

- 1) 時末 光, 加藤数良: 日本大学生産工学部ハイテク・リサーチ・センター平成12年度研究報告書, (2001), 1-39.
- 2) 時末 光: 日本大学生産工学部ハイテク・リサーチ・センター平成13年度研究報告書, (2002), 1-39.
- 3) 時末 光: 日本大学生産工学部ハイテクリサーチセンター平成14年度研究報告書, (2003), 1-39.
- 4) 加藤数良, 時末 光: 軽金属, 41(1991), 809.