

銀とセラミックスのラッピング - 研磨抵抗の測定とラップ液の影響 -

藤本 隆士*・友田 進**・木原 米文***

Study on Silver Lapping used Ceramics Lap

- Measurement of Abreasive Forece and Effects of Various Lapping Liquids -

Takashi Fujimoto*, Susumu Tomoda** and Yonefumi Kihara***

1. はじめに

ラッピング加工は加工能率が低く、研磨対象の工作物だけでなくラップまで削ってしまう欠点があるため、ラップの材質は耐摩耗性に富むことが必須である。一般に、この条件を満足している材質として鋳鉄が用いられることが多いが、無摩耗材料であるとはいえない。また、研磨中のラップの切りくずでラップ液が飽和状態になりローディングを起し、長時間のラッピング加工において加工能率を低下させる欠点もある。

これらの欠点を改善する一つの方法に化学的なアプローチから加工能率の向上やラップの摩耗を低下させる方法がある。

筆者らは、ラップ液にドテシルトリメチルアンモニウムクロリド (以下DTAC) 水溶液を使用し、ガラスラップを用いて銀をラッピングすると、ガラスは研磨されるが、銀は研磨されない特異な現象を見いだしている^{1,2)}。しかし、この現象の発現メカニズムについては明らかになっていない。

従来の研究により、ラップ液としていくつかの四級アンモニウム化合物水溶液を用いた場合、ガラスと銀の組み合わせで本現象が発現することが見いだされている。さらに、本現象の発現メカニズムを追究するためには、様々な視点からの研究が必要である。

そこで、本研究では、本現象のメカニズム解明の一手段として、まず、研磨抵抗の計測を従来以上に精度よく測定するための実験装置を市販の研磨盤を利用して作成した。

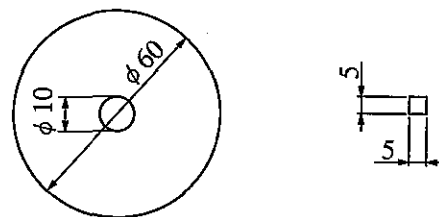
また、ガラスラップ以外のラップを用いた場合でも本現象が発現することを確かめるために、ガラスが脆性材料であることに着目し、アルミナセラミックスをラップとして用いて実験を行った。

さらに、化学的な要因として、ラップ液の性質が本現

象発現に影響していることが考えられる。そこで、四級アンモニウム化合物に含まれている塩素による影響を調べるために、構造の簡単なNaCl, NH₄Cl水溶液をラップ液に用いて本現象が発現するかを調べた。

2. 実験装置および実験条件

Fig.1に、実験に用いた試料の形状寸法を、また、Fig.2に、実験装置の概要を示す。銀試料は厚さ2mm、純度99.98%の板材をワイヤカットで5mm角にした。



(a) アルミナセラミックス (b) 銀

Fig.1 試料の形状寸法

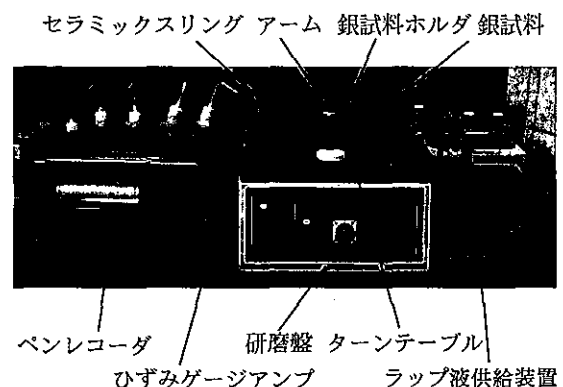


Fig.2 実験装置の外観

* 電子機械工学科

** 商船学科

*** 学生課実験実習二係

また、ラップとして厚さ10mm, 内外径それぞれ10mm, 60mm, 純度99.5%の常圧焼結アルミナセラミックスを用いた。

実験装置は市販の研磨盤を改造して、ピン対リング形式の実験装置として用いた。ターンテーブル上にアルミナセラミックスのリング試料を固定しラップとして用いた。銀試料ホルダの先に銀試料を固定し、荷重はホルダの上におもりをのせることで負荷した。

ラップ液は、供給装置により10秒毎に1秒間の割合で常に新しいラップ液が自動的に供給されるようになっている。

研磨抵抗を、正確に測定するために、Fig.3に示すように、アームに首を設け、そこに4枚のひずみゲージを取付けた。

Table.1に実験条件を示す。

ラップ剤は濃度5 wt%のラップ液に対して3gの砥粒を加えたものである。また、ラップ液として、ドデシル

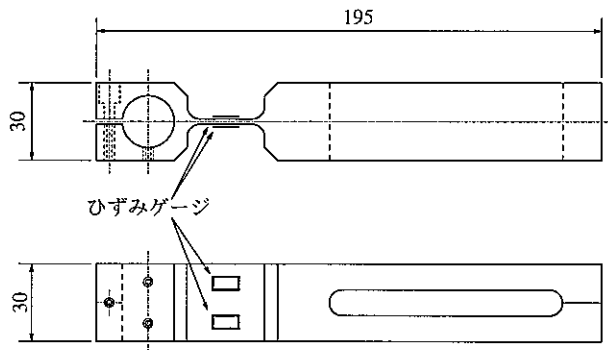


Fig.3 銀試料取付けホルダとひずみゲージ

Table.1 実験条件

装置	ピン対リング形式	
試料	銀	
砥粒 (平均粒径, μm)	WA 砥粒 (9.5)	
負荷荷重, N (ラップ圧力, kPa)	0.49, 1.47, 2.45 (19.6, 58.8, 98.0)	
研磨時間, min	20	
ラップ	材質	アルミナセラミックス
	回転数, rpm	30
ラップ剤	砥粒, g	3
	水溶液, ml	10
水溶液	H_2O , NaCl, NH_4Cl , DTAC	
水溶液濃度, wt%	5	

トリメチルアンモニウムクロリド水溶液 (DTAC), 蒸留水 (H_2O), 食塩水 (NaCl), および、塩化アンモニウム (NH_4Cl) 水溶液の4種類を用いた。DTACは以前の研究から、ガラスとのラッピングにおいて銀が摩耗しないことがわかっているもの。NaClおよび NH_4Cl はDTACと同様にClを含み、かつ、構造が単純であるもの。 H_2O はこれらとの比較をするために準備した。

通常のラッピング加工の場合、仕上げ条件にもよるが20kPa程度の圧力をかけている。そこで、本研究においては、最小値を20kPa程度、最大値は98kPaとし、通常行われるラッピング加工より5倍近く厳しい条件までの実験を行った。

なお、実験前に、銀試料およびセラミックス試料表面のうねりを除去するため手ラップにて表面を仕上げ、さらに、アーム上に取付けた水準器で銀試料の片当りが生じないように注意してセットした。

3. 実験結果および考察

3.1 研磨抵抗の検出感度

実験に先立ち、今回試作した研磨抵抗の検出感度が十分であるかを評価した。Fig.4に較正実験の概要を、また、Fig.5には得られた結果を示す。

アームの先端に銀試料ホルダを固定し、その先端に銀試料を取付ける。さらに、その銀試料に糸を固定し、滑車を介しておもりにより負荷を与え、そのときのひずみゲージの出力をペンレコーダで読み取った。較正実験に際し、アームの水平やアームからラップまでの距離が実際の実験と同様になるようにした。ペンレコーダの設定感度は20mV, 50mV, 100mVの3種類のレンジで測定した。較正実験の結果から、0~2Nの広い範囲で直線性が確認でき検出感度は0.01Nであった。

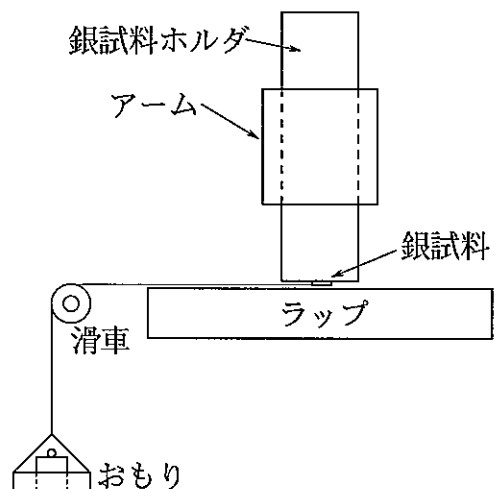


Fig.4 較正実験の概要図

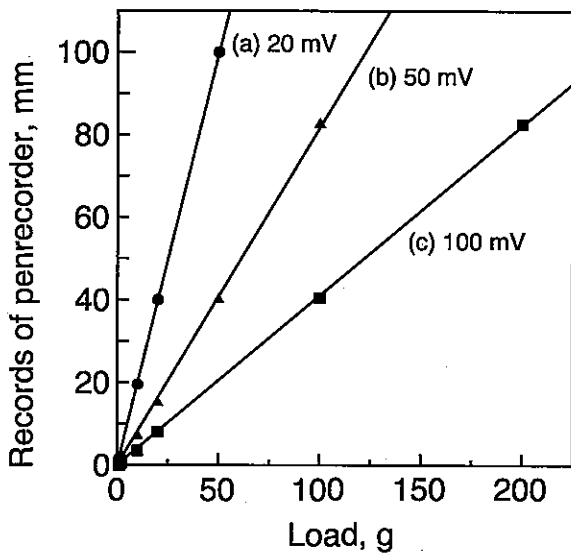


Fig.5 較正実験結果

3.2 銀の摩耗量

Fig.6に荷重を変えた場合について、銀の摩耗量を測定した結果を示す。

銀の摩耗量は、実験前後の試料の重さを電子天秤で測定し、その差を摩耗量としている。

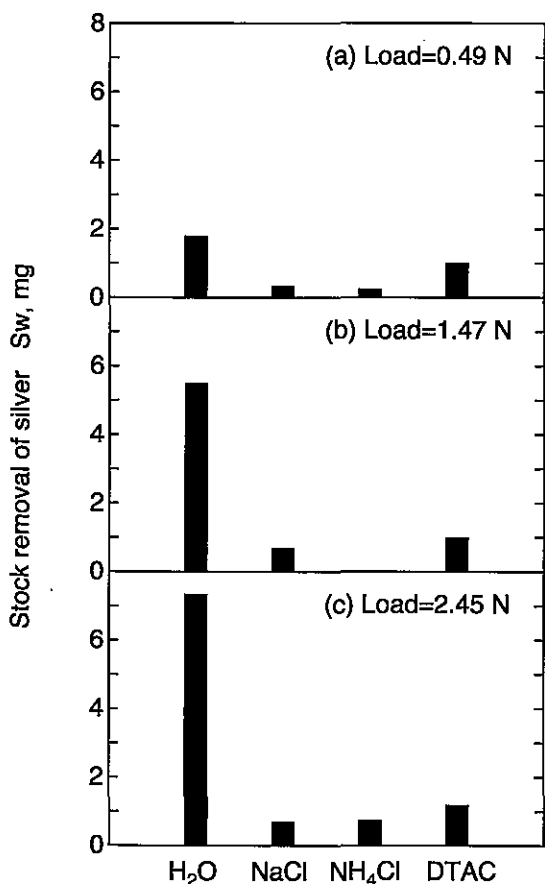


Fig.6 ラップ液の違いによる銀の摩耗量

ラップ液としてH₂Oを用いた場合の摩耗量が最も多く、荷重の増加に伴って摩耗量も増加する。NaCl, NH₄Cl, DTACの場合も若干の摩耗がみられるが、H₂Oと比較して極めて少なく、また、荷重が増加しても摩耗量の変化がほとんど見られないことがわかる。

したがって、本実験から、脆性材料であるアルミナセラミックスを用いた場合でも、ガラスのときと同様に、銀が摩耗しない現象が発現するといえよう。また、DTACのみならず、Clを含むNaClおよびNH₄Cl水溶液の場合も銀が摩耗しないことが確認できた。このことから、本現象の発現には塩素が大きく関わっていることが推測される。

3.3 研磨抵抗

本現象が発現する場合としない場合とで、研磨の機械的なメカニズムが異なるとすれば、研磨抵抗に違いが現れることが予想される。また、以前に報告した研磨抵抗の測定に関する研究において、ラップ圧力が高くなるほど研磨抵抗が大きくなる傾向が得られている³⁾。

今回得られた研磨抵抗の一例をFig.7に示す。研磨抵抗は、前報³⁾と同様の傾向を示しており、研磨の初期では研磨抵抗が高く、その後、研磨抵抗は徐々に減少していく。

本報では摩擦係数と同様の考え方を用いて、研磨抵抗係数 $\phi = F/W$ なるものを考えた。ここで、 W はラップ圧力、 F は研磨抵抗である。

まず、Fig.7に示した曲線において安定した部分の研磨抵抗 F を測定し、さらに、ラップ圧力 W で研磨抵抗値を除した。Fig.8に得られた研磨抵抗係数を示す。

NaClについては、荷重が1.47Nのときの係数が高くなっているが、全体的にみても、荷重の増加には大きく影響されず、ほぼ0.2~0.3程度となっていることがわかる。

研磨抵抗が個々の砥粒の微小切削作用により生ずると考えると、研磨抵抗は単粒の切削抵抗の合計となる。研磨の初期には単粒の切削抵抗も大きく、また、尖った砥粒が多く存在するため、研磨抵抗が高くなる。研磨が進むにつれて角が取れて丸まった砥粒の数が増え、研磨抵抗が徐々に下がってくると考えられる。

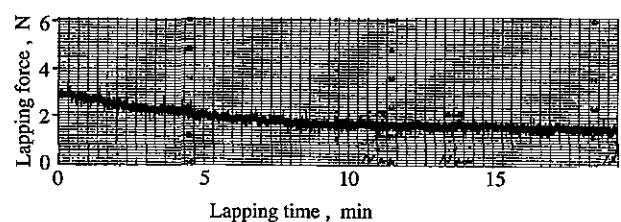


Fig.7 研磨抵抗の一例(ラップ液: DTAC, 荷重0.49Nの場合)

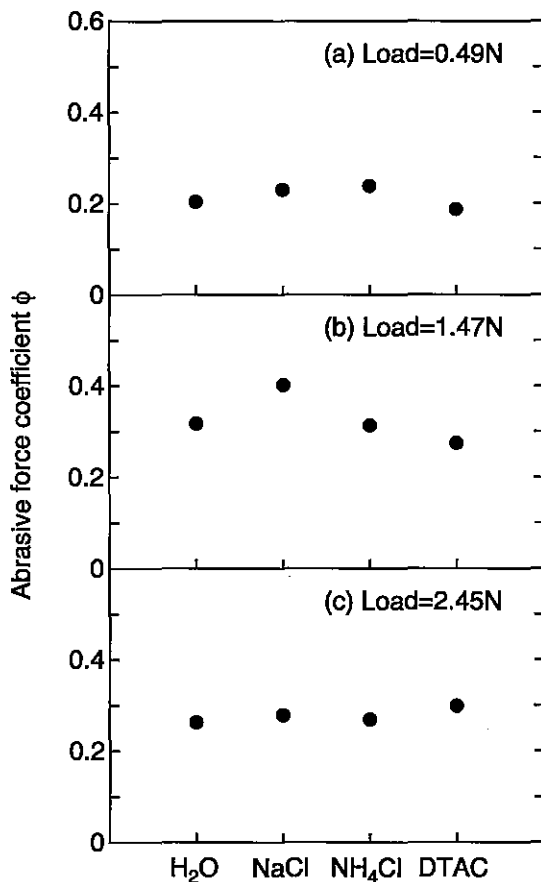


Fig.8 ラップ圧力と研磨抵抗係数の関係

今回の実験では、定期的に新しい砥粒が少量ずつ供給されるため研磨抵抗の下がり方も少なく、また、研磨抵抗係数の変化も少ないのであろう。

砥粒が摩耗しベアリング作用で研磨抵抗が減少した場合でも、すべての砥粒に切削作用がなくなる訳ではなく、実際には、砥粒による掘り起こし作用や食込みなども研磨抵抗に影響を及ぼす。そのため、ラップ圧力に比例し研磨抵抗が大きくなる結果が得られたものと思われる。

また、銀が摩耗するH₂Oの場合と他の3種類の水溶液とで、係数の差がみられないことから、本現象の有無には、ラップ、砥粒、銀試料の三者の運動や単粒の切削機構が異なるといった機械的なメカニズムの差はほとんどないものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、研磨抵抗をより詳細に測定するための実験装置を試作し、さらに、ガラスに替わりアルミナセラミックスをラップとして用い、蒸留水、食塩水、塩化アンモニウム水溶液、ドデシルトリメチルアンモニウムクロリド水溶液をラップ液として用い、銀のラッピングを行った。その結果、以下のような結果が得られた。

1. 今回試作した装置において、研磨抵抗の検出感度は約0.01Nであった。また、0~2Nの広い範囲における直線性が確認できた。
2. アルミナセラミックスをラップとして用いた場合も、ガラスラップと同様に銀が摩耗しない現象が発現する。
3. ドデシルトリメチルアンモニウムクロリド水溶液のほかに、食塩水、塩化アンモニウム水溶液においても本現象が発現する。このことから、本現象にはラップ液に含まれている塩素が影響していることが推測できる。
4. 研磨抵抗に関して、ラップ圧力と研磨抵抗の比である研磨抵抗係数を考えたところ、ラップ圧力が5倍近く変化してもその比はほとんど変化しないことがわかった。
5. 本現象を発現する場合と発現しない場合とで研磨抵抗係数には大きな違いが見られない。これより、本現象発現の有無によらず、研磨の機械的メカニズムは同様であると考えられる。つまり、塩素が化学的に影響するケモメカニカル作用が主となっていることが推測できる。

参考文献

- 1) 友田進・藤本隆士・菅原章・小野元久：四級アンモニウム化合物を用いたガラスのラッピング (第3報), 精密工学会東北支部学術講演会(2001)19-20.
- 2) 友田進・藤本隆士・菅原章：四級アンモニウム化合物を用いたガラスのラッピング (第4報), 精密工学会東北支部学術講演会 (2002).
- 3) 木原米文・友田進・藤本隆士：ラップ抵抗の測定に関する研究, 弓削商船高等専門学校紀要, 24(2002)75-78.