

銀とガラスのラッピングに関する研究

－銀銅合金ラップを用いた研磨実験－

藤本 隆士*・大内田 一生**

Study on Lapping for Silver and Glass

－Lapping Test using Ag-Cu alloy Lap Plates－

Takashi Fujimoto*, Kazuo Oouchida**

Abstract

The authors have recently researched an interesting phenomenon for glass lapping test on a silver lap using sodium chloride solution. The silver lap is not worn during the lapping process even under the condition of large stock removal of glass are observed.

In this research, silver work pieces were lapped on a glass lap using iodine compound solutions. And glass work pieces were lapped on silver and silver-copper alloy laps. The following results are experimentally confirmed: (1) The stock removal of silver on glass lap using iodine compound solutions were larger as that using purified water. (2) Somewhat surface layer was deposited on a silver surface after lapping test. (3) Thickness of the surface layer deposited in chloride solution is thicker than that deposited in purified water.

1. 緒言

1. 1 研究の概要および背景

ラッピングとは、ラップと呼ばれる平面の台上に試料を置き、ラップと試料の間に砥粒としてラップ剤を挟み、試料に上から圧力を加えてしゅう動させる研磨方法であり、古くから金属や宝石を磨く方法として利用されてきた。

切削加工や研削加工に比べ加工能率は悪いが、滑らかなで精密な面が得られるため、各種ゲージ類や軸受け用ローラ、電子部品などの精密仕上げを行うのに適した加工方法である。

ラッピングには、軸用ラップ工具や穴用ラップ工具を用いて、手作業により行うものと、試料に合わせたラップ用工具を装着したラップ盤によってラッピングを行うものがあるが、どちらも、試料にラップ剤を付け、その面にラップ工具を押し付けて磨く原理は同様である。ラップ剤としては、一般に炭化ケイ素やアルミナの粉をラップ液に混濁したものが用いられるが、ラップ液を加えないで加工する方法もある。前者を湿式法、後者を乾式法と呼んでいる。両者の概要をFig.1に示す。

湿式法では、砥粒が加工液に包まれているためラ

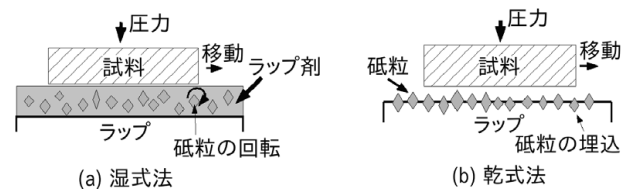


Fig.1 湿式法と乾式法の概要図

ップに埋め込まれず、ラップと試料間で転動し切削作用で加工が進行する。加工表面は掘り起こされた無数の凹状切削溝から成り立っているため方向性のない無光沢梨地となる。つまり、仕上げ量は大きいですが、仕上げ面は粗くなる。

一方、乾式法では、砥粒がラップ表面に埋め込まれて固定され、引っかき作用で試料表面より微小切屑を削り取る。そのため、 $1\mu\text{m}$ 以下の微細な切削溝が多数発生し、光沢を有する仕上げ面が得られる。いずれの場合も、砥粒が工作物ばかりでなくラップも削ってしまうためラップの偏摩耗を招く。

ラッピングはラップの平坦度を工作物に転写する加工法であるため、加工精度を維持するためにはラップの平坦度を管理しなければならない。しかし、ラップの平坦度の修正には時間と装置が必要となる

* 弓削商船高等専門学校電子機械工学科

** 弓削商船高等専門学校専攻科生産システム工学専攻

ため、加工精度を維持しながら生産性を向上させることが必要になる。

本研究のグループでは、以前より銀ラッピングを行うときに、四級アンモニウム化合物水溶液や塩化ナトリウム水溶液などをラップ液に使用すると銀が研磨されない現象を見いだしている[1]~[5] (以下本現象とする)。本現象を適用することで無摩耗銀ラップによるラッピングが実現できれば、生産性の向上に大きく寄与できる。

1. 2 本研究の目的

本研究では、ガラスラップ-銀試料の組み合わせと、銀ラップ-ガラス試料の組み合わせでラッピングを行い、本現象が発現する場合とそうでない場合で、ラッピングのメカニズムがどのように異なっているのかを調べることを目的とした。

ガラスラップ-銀試料のラッピングでは、ラップ液の違いによる銀試料の研磨量を比較した。また、銀ラップ-ガラス試料のラッピングでは、ラップ材質として銀銅合金を用いて、銅含有率の違いによる銀銅合金ラップの摩耗量およびガラス試料の研磨量を比較した。

さらに、ガラスラップ-銀試料においてラップ液として精製水を用いた場合とNaCl水溶液を用いた場合とで、研磨した後の両銀試料の表面層に違いがあるかを走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察した。

2. 実験方法

実験条件をTable 1に示す。実験時間は20分間、ラップの回転数は30rpm、荷重は8.7Nで実験を行った。なお、ラップ液は1分間に1度、3秒間供給した。

また、Table 2に全実験の組合せを示す。

ラップ剤には、それぞれ精製水、3wt%の塩化ナトリウム (以下NaCl) 水溶液、ヨウ素 (以下I) の飽和水溶液、3wt%のヨウ化カリウム (以下KI) 水溶液、ヨウ素の飽和水溶液と3wt%のヨウ化カリウム水溶液 (以下I+KI) 混合液の5種に、公称平均粒径 $9.5\mu\text{m}$ のWA#1200砥粒を加えた混濁液を使用した。いずれの場合も水溶液10mlにつき3gの砥粒を加えている。

組合せ1~5のガラスラップ-銀試料では、ラップ液として1~5の順に精製水、NaCl水溶液、I水溶液、KI水溶液およびI+KIの混合液を使用した。

組合せ6~13の銀銅合金ラップ-ガラス試料のときは、精製水とNaCl水溶液を使用した。

2. 1 実験装置

Fig.2 に実験装置の外観を示す。パンタグラフ式のアームに試料ホルダと試料を取り付け、ラップの上

Table 1 実験条件

実験時間	20min
負荷荷重	8.7N
ラップ回転数	30rpm
ラップ液の供給頻度	3sec/min
ラップ直径	$\phi 60\text{mm}$
ガラス試料直径	$\phi 10\text{mm}$
銀試料形状	5×5mm
砥粒の平均粒径	9.5 μm (WA#1200)

Table 2 実験の組合せ一覧

	ラップ	試料	ラップ液
組合せ1	ガラス	銀	精製水
組合せ2			NaCl水溶液
組合せ3			I水溶液
組合せ4			KI水溶液
組合せ5			I+KIの混合液
組合せ6	銀銅合金	ガラス	精製水
組合せ7	(銅含有率0.3%)		NaCl水溶液
組合せ8	銀銅合金		精製水
組合せ9	(銅含有率10%)		NaCl水溶液
組合せ10	銀銅合金		精製水
組合せ11	(銅含有率15%)		NaCl水溶液
組合せ12	銀銅合金		精製水
組合せ13	(銅含有率40%)		NaCl水溶液

にセットする。ラップの回転数は30rpmでパンタグラフ式アームの上に重りを乗せることで負荷荷重を調整できるようになっている。実験中、コンプレッサと液送ポンプによりラップ液を定期的に供給した。

Fig.3 にガラスラップと銀試料、Fig.4 に実験後の銀銅合金ラップとガラス試料の写真を示す。銀銅合金ラップに見られる円跡は、ガラス試料とのラッピングにより形成されたものである。

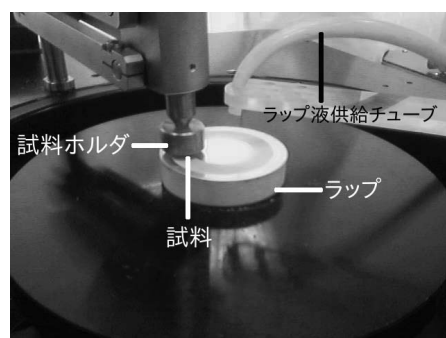


Fig.2 実験装置外観

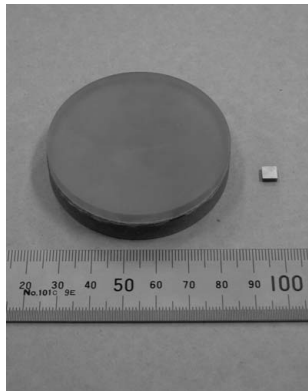


Fig.3 ガラスラップおよび銀試料



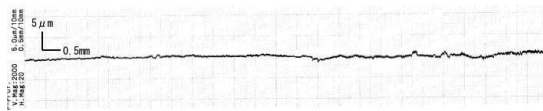
Fig.4 銀銅合金ラップおよびガラス試料

2. 2 摩耗量と研磨量の算出法

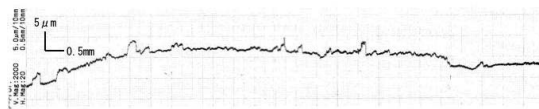
ラップの摩耗量は、粗さ曲線をスキャナで読みとり、実験前の平坦な線から実験後の摩耗した、または、盛り上がった面積を計算し、その差を比較することで求めた。一例として銅含有率0.3%のラップ、ラップ液をNaCl水溶液とした時の実験前後のラップ表面形状をFig.5に示す。

ここでは、実験後のラップ表面が盛り上がっていることがわかる。

試料の研磨量は、同じ条件の実験を複数回行い、実験前後の重さの差を平均して求めた。実験前後の



(a) 実験前のラップ表面形状



(b) 実験後のラップ表面形状

Fig.5 ラップ摩耗量の算出法

試料の重さを電子天秤で計測する際、誤差の原因になる温度変化や振動に気をつけて測定した。

3. 実験結果

3. 1 ガラスラップー銀試料の実験結果

Table 3に示した組合せ1～5に基づいて、ガラスラップで銀試料を研磨したときの銀試料の研磨量を示す。またそれをグラフにしたものをFig.6に示す。

Fig.6より、ラップ液にNaCl水溶液を使用した時のみ研磨量が少なく、本現象が発現しているのが確認できた。また、他のハロゲン系元素を含むラップ液を用いた場合は、銀が研磨され本現象が発現しなかった。特に、I+KIのラップ液を用いたときは、銀試料の研磨量が極めて増加した。

このことから、本現象の発現には、ハロゲン系物質が直接関係しているのではなく、塩素イオンが重要な要因となっていることが推測できる。

Table 3 銀試料の研磨量

組合せ	ラップ液	研磨量
組合せ 1	精製水	4.5mg
組合せ 2	NaCl 水溶液	1.9mg
組合せ 3	I 水溶液	5.2mg
組合せ 4	KI 水溶液	5.2mg
組合せ 5	I + KI の混合液	30.0mg

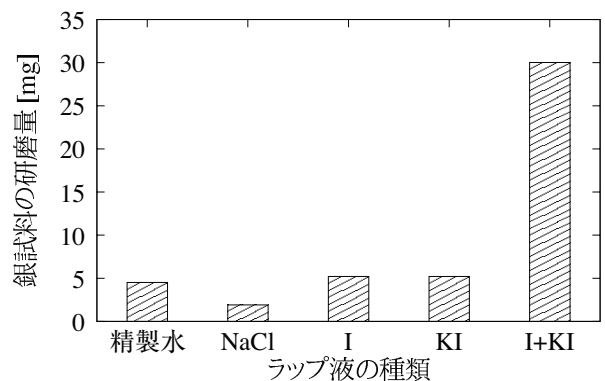


Fig.6 ラップ液の違いによる銀試料の研磨量

3. 2 銀ラップーガラス試料の実験結果

Table 4に銅含有率が異なる銀銅合金ラップを用いてガラス試料を研磨したときの研磨量の違いを示した。また、グラフで表したものをFig.7に示す。銅含有率が高くなるにつれて、ガラス試料の研磨量が増えるようである。精製水を用いた場合とNaCl水溶液の場合とで研磨量に大きな差はみられないよう

である。

次に、Fig.8 に銀銅合金ラップでガラス試料をラッピングしたときの銀銅合金ラップの摩耗量を比較した結果を示す。本実験ではFig.5 にも示したようにラップは摩耗せず、堆積物が付着していた。そのため、Fig.8 では堆積量との関係で示した。図より、銅含有率が低くなるにつれて、ラップの堆積量が増加している。また、ラップ液として精製水を用いた場合よりNaCl水溶液を用いた場合の方が堆積量が多い。

Table 4 ガラス試料の研磨量

	銀銅合金ラップ	ラップ液	研磨量
組合せ 6	0.3%	精製水	10.1mg
組合せ 7	0.3%	NaCl 水溶液	8.6mg
組合せ 8	10%	精製水	15.1mg
組合せ 9	10%	NaCl 水溶液	14.9mg
組合せ10	15%	精製水	14.3mg
組合せ11	15%	NaCl 水溶液	12.9mg
組合せ12	40%	精製水	16.4mg
組合せ13	40%	NaCl 水溶液	18.7mg

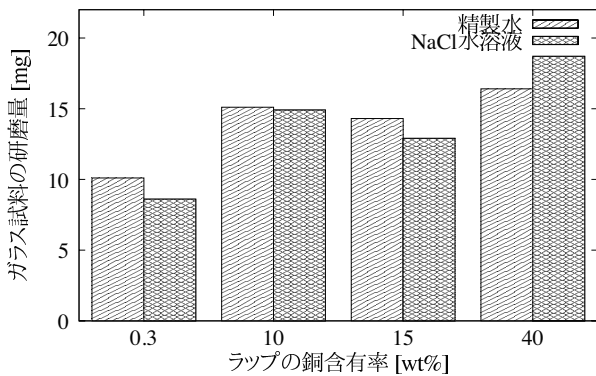


Fig.7 銅含有率の違いによるガラス試料の研磨量

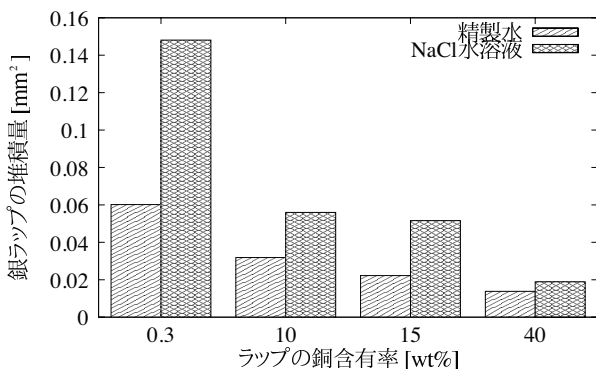


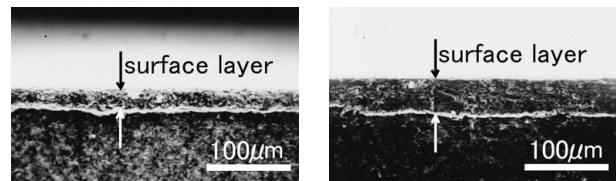
Fig.8 銅含有率の違いによる銀銅合金ラップに付着する堆積量

3. 3 SEMによる銀試料表面層の比較

前述したように、実験後の銀ラップ表面には、何らかの堆積物が付着している。今回は組合せ 1, 2 について実験後の銀試料断面をSEMにより観察した。

Fig.9 は、ラップ液に精製水、およびNaCl水溶液を使用してガラスラップで銀試料をラッピングし、実験後の銀試料断面を倍率300倍で撮影したものである。

同倍率で比較すると、ラップ液に精製水を用いてラッピングしたものよりNaCl水溶液を用いてラッピングした表面の方が厚い表面層が形成されている。



(a) 精製水

(b) NaCl 水溶液

Fig.9 実験後の銀試料断面写真 (倍率300倍)

3. 4 考察

ガラスラップ-銀試料での実験で、ラップ液としてNaCl水溶液以外のハロゲン系元素であるIおよびKI水溶液を使用した。銀試料の研磨量はラップ液が精製水の時とほとんど変わらなかった。I+KIの混合液で実験した場合、銀試料は、ラップ液が精製水の場合よりも6倍近く研磨される結果となった。このことから、本現象はラップ液がNaCl水溶液の時のみ発現し、ハロゲン系元素が直接関係している可能性は低いと考えられる。

銀銅合金ラップでガラス試料のラッピングを行った結果、ガラス試料の研磨量は、銅含有率が高い程大きくなった。一方、ラップには堆積物が見られた。特に、銅含有率0.3%で実験を行った場合、ラップに付着する堆積量が極めて大きくなることがわかった。銅に比べ銀の方が柔らかいためラッピング中に削れた銀やガラスが砥粒とともに銀表面に再凝着したとも考えられるが、詳細については今後さらに調査したい。

ガラスラップで銀試料をラッピングした後の銀試料をSEMで観察したところNaCl水溶液でラッピングした銀試料の方が精製水で銀試料をラッピングしたもの比べて厚い表面層を形成しているのが確認できた。

銀が研磨されない現象には、この表面層が大きく関わっていると推測されるため、今後、この表面層の成分分析や生成メカニズム等を詳細に調べる必要があると考える。

4. 結言

銀とガラスのラッピングにおいて、ラップ液としてCl以外のハロゲン系物質であるIを用いた実験を行った。また、ラップとして銅の含有率を変えた銀銅合金を用いた実験を行った。その結果以下のようなことがわかった。

- ・本現象はラップ液がNaCl水溶液の時のみしか発現せず、ラップ液として他のハロゲン系の水溶液を用いた場合には発現しなかった。つまり本現象にはハロゲン系イオンが直接関係しているわけではないことがわかった。
- ・銀銅合金ラップでガラス試料の研磨実験を行った結果、ラップに堆積物が見られた。特に、銅の含有率が低いラップで実験を行った場合、ラップに付着する堆積量が多くなることがわかった。また、銅の含有率が増すにつれ、ガラス試料の研磨量が増加することがわかった。
- ・ラップ液に精製水を使用したものよりNaCl水溶液を使用したものの方が銀の表面に厚い表面層が形成されるのがわかった。

今後は、銀表面に形成される堆積物の分析や生成メカニズム等について詳細に調べていきたい。

参考文献

- [1] 友田進・菅原章：ラップ液のpH変化に関する研究(第2報), 精密工学会誌, 54, 2 (1988) 127.
- [2] 友田進・菅原章：界面活性剤の性質がラッピングに及ぼす影響, 精密工学会誌, 62, 8 (1996) 1122.
- [3] 友田進・菅原章：陽イオン系界面活性剤によるガラスのラッピング, 精密工学会誌, 64, 4 (1998) 603.
- [4] 友田進・菅原章・小野元久：メチル基を有する4級アンモニウム化合物によるガラスのラッピング, 精密工学会誌, 67, 5 (2001) 797.
- [5] 藤本隆士・友田進：脆性材料による銀のラッピングに関する研究 (第1報), 精密工学会誌, 73, 3 (2007) 335.