

宝飾品への磁気研磨装置の応用

中山信一・上野正雄

Application of Magnetic Abrasive Machining in Noble Metal

Shin-ichi NAKAYAMA and Masao UENO

要 約

貴金属製品を仕上げる場合、裏抜き部や細かく入り組んだ部分は人手を要し、仕上げ作業の合理化を困難なものとさせている。このため最近各企業において、上記の欠点をカバーする磁気研磨装置が注目され、新しい加工方法として普及しつつある。しかし、この装置を使用して各種金属を研磨する場合の研磨条件や、貴金属に及ぼす物理的变化は、ほとんど分かっていない状態である。

そこで、装身具として主に使われているK18, Ag950, Pt900の貴金属素材と鑄造した貴金属製品を対象に、磁気研磨条件と仕上げ面あらさ、形状、硬度、組織変化について検討した。この結果、全ての貴金属において磁気研磨の回転数と表面あらさ、およびメディア・研磨液比と表面あらさについて相関が認められた。また、研磨時間と表面あらさの関係では、一定時間を境に表面あらさの値が高まる傾向を示した。さらに加工後の硬度変化は、貴金属素材より鑄造製品の硬度変化が大きく、加工前と比較して約1.6倍の値を示した。以下実験方法と実験結果の詳細について報告する。

1. はじめに

本県は、装身具製品の生産が盛んで、そのほとんどに貴金属が使われている。貴金属製品の中でも形状が複雑な製品は、ロストワックス精密鑄造法によって作られている場合が多い。精密鑄造した製品を仕上げる方法は時代と共に変遷し、これに伴い、工数の減少には著しいものがある。

当初はヘラ磨きとバフ研磨によって仕上げていたが、バレル研磨と電界研磨が導入され、さらにヘラ磨き作業に代わってリユーターが使われ始めた。

ここ数年は、一般の製品を仕上げる場合、リユーター加工、バレル研磨、電解研磨を施した後、バフ研磨仕上げをしていた。しかし、バレル研磨やバフ研磨仕上げは、裏抜き部や細かく入り組んだ部分、およびプラチナと金が一体となったいわゆるコンビ物は、仕上げ作業を困難とさせていた。

そこで、最近各企業で注目され、急速に普及してきたのが、磁気研磨装置である。この装置は、磁気を使い磁性を帯びる針状あるいは球状のメディアを使うため、細部まで磨くことができる。

しかし、この装置を使用した場合の研磨条件や加工物の物理的变化は、ほとんど分かっていない

のが現状である。

そこで、今回は供試材料として、一般の装身具製品に多く使用されているK18, Ag950, Pt900の貴金属素材とロストワックス精密鑄造した貴金属製品を対象に、現状の仕上げ状況との比較と、適正磁気研磨加工条件を求める目的で行った実験結果について述べる。

2. 実験装置及び原理

本実験で用いた精密磁気応用研磨装置の外観写真を図1に示す。この装置は、本体と操作盤とから構成されていて、操作盤には磁石回転円盤の回転数、加工時間設定及び正逆回転切り替えスイッチが設けられている。一方本体は、図2のように駆動槽と研磨槽からなり、円形の固定架台の上に内径65mm、高さ130mmのプラスチックの容器を数個置き、各容器の中に直径0.5mm、長さ5mmのステンレス鋼製の針状メディアと加工物それに研磨液を入れる。回転架台の下部に別置きで設置されている回転円盤に永久磁石が埋め込まれているため、強い磁場を形成する。この円盤を高速で回転させることにより、固定架台上のプラスチック容器は、N-S極が相互に激しく変換する磁場内に

置かれることになる。このため、磁場内の針状磁性メディアはN-S極に磁化されるが、瞬時に磁場が変換されるため、磁性メディア自身が反転し、これとともに容器内全体が烈しく回転し攪拌した状態になる。このような針状メディアの僅かな運動の違いにより接触するため、表面仕上げすることができる。



図1 精密磁気応用バレル研磨装置

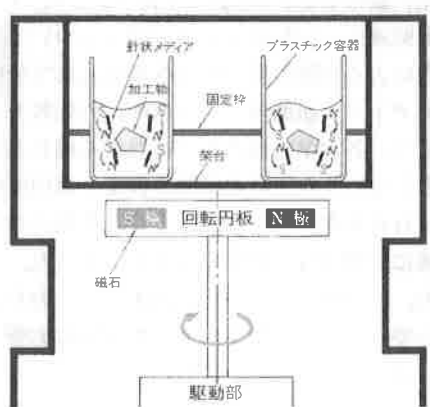


図2 精密磁気応用バレル研磨装置の原理図

3. 実験方法と実験結果

3-1 メディア・研磨液比及び回転数の影響

実験に用いた試料は、Ag950の貴金属素材で、形状は直径3mm、長さ20mmで一度なました供試材料とした。プラスチック容器の中に研磨液の容量200mlに対して、針状メディアを20、40、60、80、

100gf混入し、その中に供試材料を5本ずつ入れ、磁気回転円盤をそれぞれ600、1200、1800、2400、3000、3600rpmで、磁気研磨装置を60分間運転した。

加工後、各プラスチック容器から試料を3本ランダムに抜き取り、表面形状測定機(SE-3F型)で試料中央部を軸方向に測定し、その平均値を求めた。なお磁気研磨前の試料の表面あらさの平均値は、 $0.16\mu\text{mRa}$ であった。この試験結果を図3に示す。この結果、各メディア・研磨液比によって多少のバラツキはあるものの、概ね回転数が高くなるほど、表面あらさは大きい値を示す傾向にある。これは、回転数が高まるに従いメディアの持つエネルギーと供試材料に当たる確率が増すためと推察できる。

さらにメディア・研磨液比については、この比が低いものほど、僅かに表面あらさは大きい値を示す傾向にある。

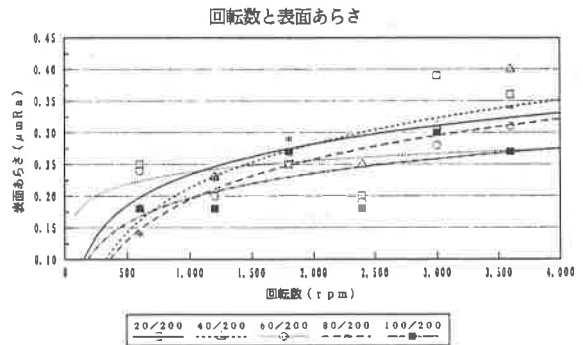


図3 回転数と表面あらさ

図4は、メディア・研磨液比及び磁気研磨装置の回転数が形状に及ぼす影響を表している。なお真円度は、最小自乗中心法によって求めた。加工前の真円度の平均値が $5.7\mu\text{m}$ であったのに対して、全体的に値は小さくなっている。メディア・研磨液比が30%までの試料は、回転数が高くなるに従い真円度値が減少傾向、それ以上のものは逆に増加傾向を示している。

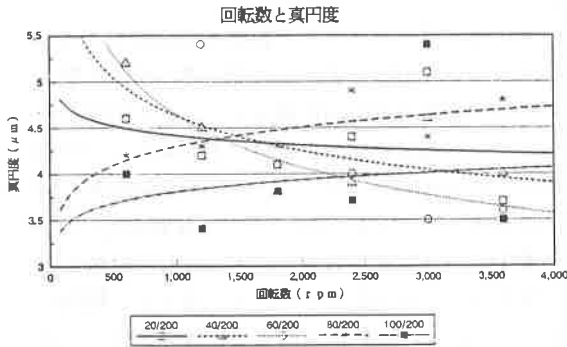


図4 回転数と真円度

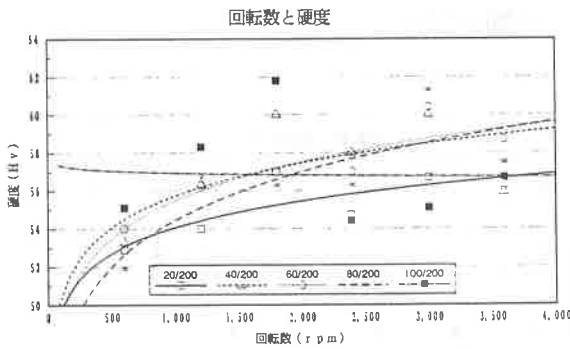
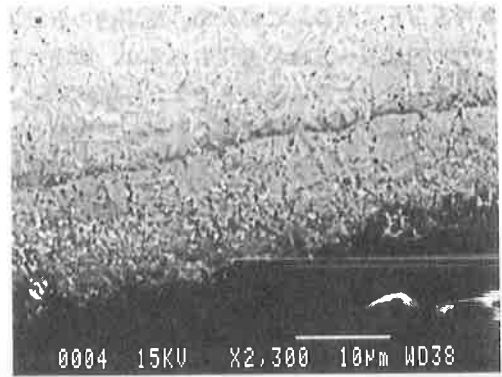


図5 回転数と硬度

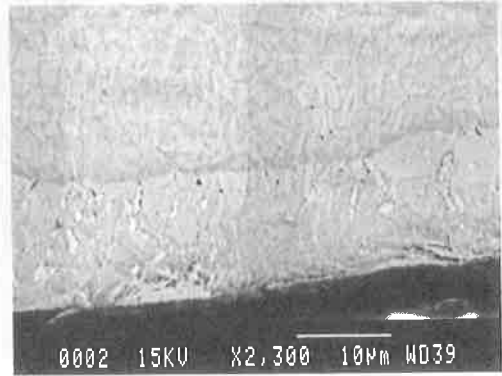
図5は、メディア・研磨液比及び回転数が、硬さに及ぼす影響を表している。

硬度測定には、ピッカース微小硬度計を用い、25 gfの荷重で1試料について3カ所測定し、3本の平均値を求めた。加工前の供試材料硬度の平均値は51.5HVで、60分間磁気研磨加工を行った結果、メディア・研磨液比が50%のもの以外回転数が高くなるほど、硬度が増している。また、メディア研磨液比が20~40%の条件のものは硬度の上昇傾向がほとんど同じである。

図6は、この試料の表面近傍の組織を走査型電子顕微鏡 (SEM) を用い、2300倍で撮影したものである。この結果、磁気研磨加工前に比べて、加工後の組織は変形し、特に加工表面に近い部分ほどこの影響が現れている。



加工前



加工後

図6 磁気研磨面の組織

3-2 分散分析結果

上記実験結果をさらに詳しく調べるため、メディア・研磨液比と回転数の2つの因子について、2元配置による分散分析の手法を取り入れて分析した。メディア・研磨液比を5水準、回転数を6水準として、各水準の組み合わせにおける繰返し数を2とし分析した。この結果、硬度と真円度については有意水準1%で両因子と交互作用について特性値に影響を与えていることが分かった。

一方、表面あらさについては表1のとおり、回転数の要因が有意水準1%で、特性値に影響を与えている。ただし、交互作用は有意とはならなかった。

表1 2元配置分散分析表

No.	要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比	検定
1	回転数 B	0.151	5	0.030	16.246	**
2	メディア・研磨液比 A	0.010	4	0.002	1.341	
3	A・B 誤差	0.052 0.056	20 30	0.003 0.002	1.392	
合計		0.268	59			

3-3 貴金属素材の磁気研磨条件

これまでの実験結果より、表面あらさに対しては回転数の影響が大きいことが分かったため、回転数を一定の1800rpmとし、メディア・研磨液比を研磨液の容量、200mlに対して針状メディアを20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 gf混入した。その中に供試材料としてK18, Ag950, Pt900の貴金属素材を3本ずつ入れ、30分間磁気研磨装置を運転した。

図7は、メディア・研磨液比と表面あらさの関係について表したものである。

なお、加工前の表面あらさは、K18が0.037 μ m Ra, Ag950は0.16 μ m Ra, Pt900は0.06 μ m Raであった。

全ての貴金属供試材料に共通して、メディア・研磨液比が高くなるほど、表面あらさの値が小さくなる傾向を示している。特にAg950は、他の貴金属に比べて、硬度が低いため減少率が大きい。

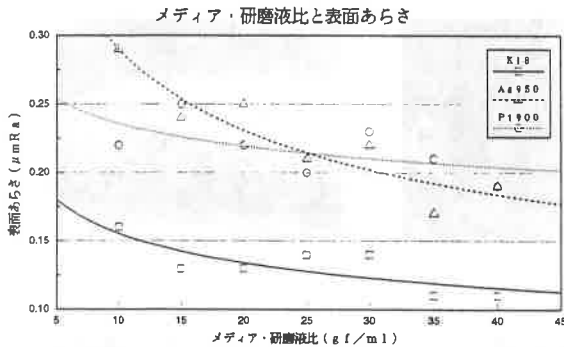


図7 メディア・研磨液比と表面あらさ

これは、プラスチック容器内のメディア・研磨液比が高くなると、メディアの運動が弱められ、供試材料に当たる確率は増すためと考えられる。

図8は、メディア・研磨液比に対して、真円度値の変化を表したものである。加工前の真円度値はK18が2.4 μ m, Ag950は5.7 μ m, Pt900は1.1 μ mであったが、メディア・研磨液比に関わらず、真円度値にはほとんど変化が見られない。

しかし、詳細に見てみるとAg950は、メディア・研磨液比の高まりとともに、僅かに真円度値が高くなっている。この結果、Ag950は他の貴金属に比べて磁気研磨によって形状が変形し易いことを表している。

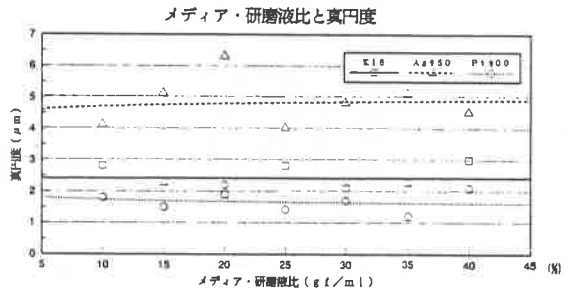


図8 メディア・研磨液比と真円度

図9は、メディア・研磨液比と硬度を表したものである。試験前の硬度は、K18が110Hv, Ag950は51.5HvでPt900が63.6Hvに対して磁気研磨後はK18が10%, Ag950, Pt900ともに9%上昇した。全体的に僅かに硬度が増したが、メディア・研磨液比に関わらず硬度に大きな変化は見られない。

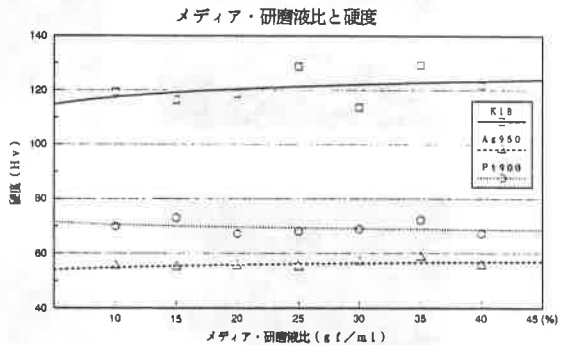


図9 メディア・研磨液比と硬度

3-4 精密铸造製品の磁気研磨条件

貴金属製品の大半は、ロストワックス精密铸造によって製造されているため、この铸造製品についても、磁気研磨の実験を行った。

供試材料として3種類の貴金属製品を3個づつ用い、結果については全て平均値を表示した。

図10は、供試材料として用いた製品と、この製品を磁気研磨装置で加工した時の加工時間と加工表面の変化を示し、200倍で顕微鏡撮影したものである。

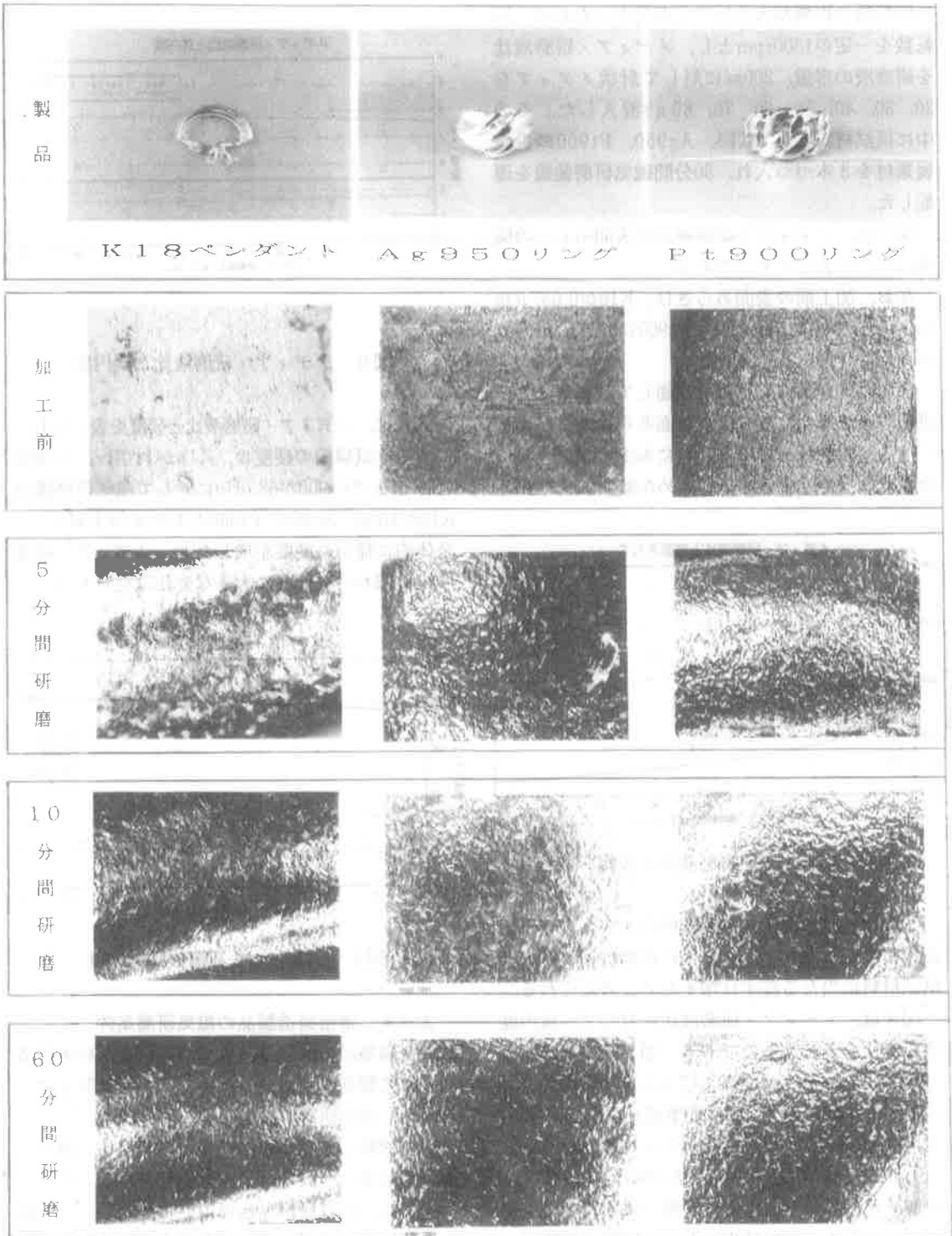


図10 加工時間と加工表面の変化 (×200)

K18製品はイヤリングで、加工前の表面あらさは、 $1.77\mu\text{mRa}$ 、硬度 67.5Hv であった。Ag950とPt900の製品はリングで、加工前の表面あらさと硬度は、それぞれ $1.60\mu\text{mRa}$ 、 40.2Hv 、 $1.37\mu\text{mRa}$ 、 33.4Hv であった。

写真から分かるように、ロストワックス精密铸造した表面は、無数のピンホールで覆われているが、磁気研磨加工を5分間行っただけで、ほとんど鑄肌が消え、10分後には全く見えなくなっている。さらに、60分間加工したものは、メディアが当たった無数の小さな痕の他に、鱗状のうねりの発生がうかがえる。

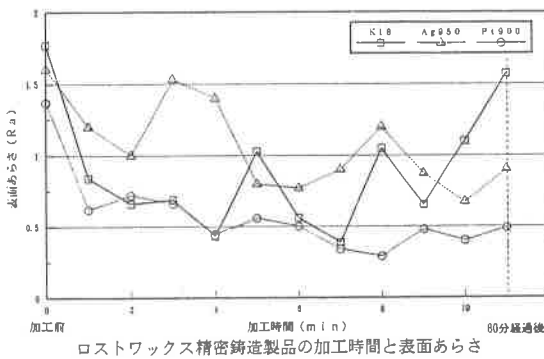


図11 精密铸造製品の加工時間と表面あらさ

図11は、この铸造した貴金属製品の加工時間と表面あらさの関係について表したものである。

どの貴金属製品の表面あらさも、加工後まもなく急激に低下している。

K18製品は、7分までは低下傾向を示すが、それ以後は上昇に向かい、あらさが増す。Ag950およびPt900の製品は、10分近傍まで低下を続けるが、その後は上昇に向かう。

この結果、表面あらさの値からも分かるように、铸造した貴金属製品は、あまり長い時間磁気研磨を行うと返って、表面あらさの値が大きくなることを示している。

参考までに、バフ研磨仕上げをした3種類の貴金属製品の表面あらさを測定したところ、 $0.10\sim 0.12\mu\text{mRa}$ であった。このことから、磁気研磨装置がバフ研磨工程にとって代わることはないが、表面あらさは相当近い値にある。

表2は、上記貴金属製品の加工前の硬度と、磁気研磨加工を60分間行った後の、硬度測定結果である。括弧内は、現在、主に光沢と硬度を高めるために行われている、ヘラ加工での増加率を示している。ヘラ加工に比べて、どの貴金属も遥かに硬度の増加率が高い。貴金属素材に比べても相当増加率が高まり、磁気研磨加工の効果が顕著に表れている。

表2 铸造製品の硬度変化 (Hv)

	加工前	加工後	増加率 %
K18	67.5	105.0	56 (19)
Ag950	40.2	66.3	65 (32)
Pt900	33.4	59.1	77 (41)

次に精密铸造した貴金属製品の磁気研磨量を1分毎に10分までと、60分後に計量した。

この結果、全ての貴金属製品に共通して、磁気研磨を始めて1分後に全体の約0.1%程度重量が減少した。その後は、60分経過してもほとんど変化がなかった。このことは、貴金属製品に付着しているバリ等が、初期の段階で離脱し、その後はほとんど摩耗しないことが分かった。

4. おわりに

本研究により得られた主な結果をまとめると次のようになる。

- (1) 磁気研磨装置のメディアは、エネルギー密度が高く、複雑な運動をするため、裏抜き部や細かく入り組んだ部分まで磨くことができる。このことにより、磁気研磨装置は前工程の短縮と、後工程であるバフ研磨の合理化に有効である。
- (2) 貴金属素材を30分間磁気研磨加工すると、加工前に比べ、表面の硬度は9~10%増加した。
また、ロストワックス精密铸造製品は、加工前の硬度と比較して、56~77%上昇した。
このことは、バフ工程での素材の摩耗量減少と、製品に傷が付きにくくなる等、商品価値の向上につながる。
- (3) 一度なました貴金属素材を磁気研磨した場合、磁気研磨の回転数が高いほど、表面あらさの値

は大きくなる。

- (4) 貴金属素材の形状変化は、メディア・研磨液比および磁気研磨の回転数には影響されず、むしろ加工前の形状が加工後にも影響を及ぼす。
- (5) ロストワックス精密鑄造製品は、加工後急速に表面あらさの改善が見られるが、15分以上加工すると鱗状のうねりが現れ、逆にあらさの値が大きくなる。
- (6) 貴金属製品の研磨量は、研磨当初バリ等の離脱で重量が減るが、その後は減少しない。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、実験にご協力いただいた㈱イマムラ工芸、中澤製作所、長沼貴金属製作所ならびに齊藤メッキ工業所に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Toyo Pritic 取扱説明書 東洋研磨材工業㈱
- 2) 久米 均 JUSE-QCAS による品質管理 日科技連出版社 (1988) 227.