

(3) シボ加工を有する精密鑄造法について

機械部金属科 吉浦洋之
清高稔勝

1. 緒言

皮革模様、幾何模様、絵画の図柄模様等（以下これらの模様をシボという）はプラスチック製品及び自動車の内外装から玩具に至るまで日常生活の中であるゆる部門に利用されるようになった。

これらの模様付けにはまず、図柄を設計し、透明フィルムにパターンを転写して、感光性のフィルム上に密着露光後、被加工物に貼付し薬液によってエッチングすれば所望する図柄ができる。このように薬液による食刻法であるため、あまり設備を要せず精巧に転写できることから、多方面に利用されている。

シボ加工法による金属材のエッチング特性については、昭和61年度の研究報告で報告済みであるが、シボ加工された金型を用いて精密鑄造品に各種の模様を転写すれば、より付加価値の高い鑄物を製造することができる。

しかしこの技術は文献等による発表が非常に少なく、各企業によるノウハウが多く、職人的技法の要素があると言われている。その中でも曲面をもった

被加工物に対して均一なシボ模様を転写するのは高度な技術を必要とする。

そこで今回開発した球面体への露光に有効な球形反射露光装置（特願1年第144521号）を用いて、曲面を有する金型へのシボ模様の露光転写実験を行った。更に、被加工物に各種のシボ加工を施した金型を用いて、ロストワックス法による精密鑄造品を試作し好結果を得たので報告する。

2. 適性条件の選定と要因

シボ加工を施すためには、図柄の作成がポイントとなり、白黒のはっきりした図柄でフィルムを作成する必要がある。感光膜の選定、露光の照度、露光時間の設定、及び用いられる金型の材質、腐食液、腐食温度、腐食濃度及び浸漬時間等についての諸条件を選定し、最適条件を見いだす必要がある。

本実験の金型の材質には、純アルミ材、銅合金(黄銅材)、一般構造用圧延鋼材（SS材）を選定した。図1にこれらに関する特性要因図を示す。

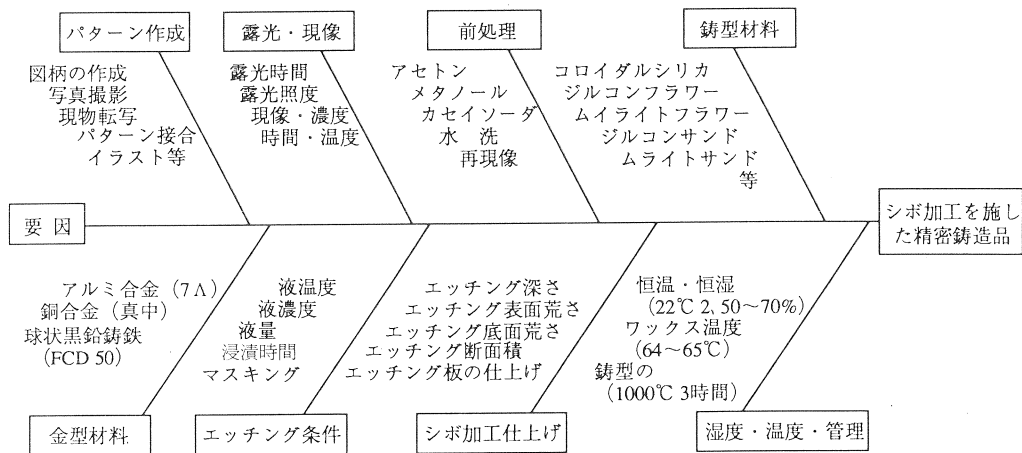


図1 シボ加工を施した精密鑄造品の特性要因図

また、シボ模様について基本的な調査をする意味で、細線から太線の各種の線幅についてのエッチング特性を調査した。また、シボ模様をパターンフィルムから金型、ワックス模型、セラミックス鋳型を経て鋳物製品へ転写した場合の状態について最適な諸条件を見い出した。

3. 実験方法

3-1 シボ加工に関して

(1) 供試材の選定

本実験においては各種材質のエッチング特性を把握するために金型材質として、純アルミ材、黄銅材、SS材の3種類に限定して調査した。SKD, SKH等の合金鋼については報告済みである。

金型表面は、#240のペーパー及びバフ仕上げを行ない、供試材とした。

(2) シボ加工方法のフローチャート

フィルム法におけるシボ加工のフローチャートについて図2に示す。被加工物の上に感光膜を貼付し、予め準備しておいたフィルム原版を密着貼付した後、紫外線を発生する光源を用いて露光する。更にエッチングの不要部分をビニール系のテープ等でマスキングした後、塩化第二鉄溶液、塩酸及び硝酸等を添加してエッチング仕上げを行う。仕上げには、アセトン、メチルエチルケトン及び苛性ソーダ類を用いて耐酸膜を除去し、供試材より軟らかいワイヤーブラシを用いてエッチング部分を清浄にする。

(3) 露光装置及び露光量測定方法

曲面を有する金型等の露光には、光源が一様に照射されることが重要である。図3には今回開発された球形反射露光装置の断面図を示す。この装置は球形盤の上蓋と下蓋で組合わされ、内部は全面反射鏡

で被加工物への直接照射をさけるようになっている。

光源には水銀ランプを用い、被加工物の大小又は形状に応じて電圧の調整及び被加工物受台を回転し、均一照射する構造となっている。図4は光遮蔽板を用いた球形内光量の測定方法について示す。

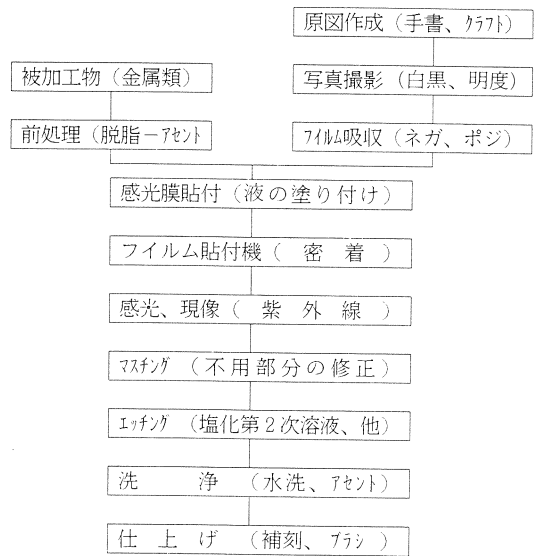


図2 シボ加工のフローチャート（フィルム法）

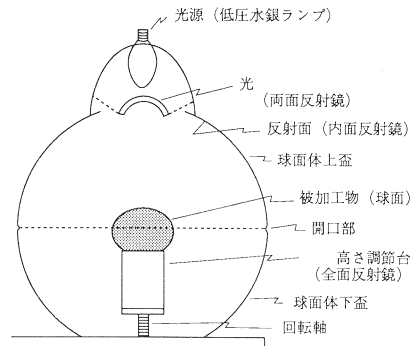


図3 球形反射露光装置の断面

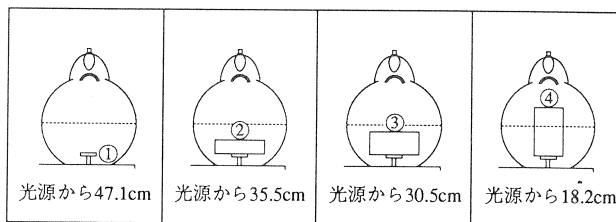


図4 光源からの距離及び測定方法

(4) パターンフィルムによる三次元的加工法

複数のパターンフィルムによる三次元的加工法について図5に示す。

一般にエッチングのメカニズムとして、初期の段階では、耐酸膜から金型へ垂直に腐食されるがエッチングの終了時には、腐食形状は内側に湾曲する。

また、バーニングされた面は耐酸膜より外側にエッチングされるため、耐酸膜の形状よりやや大きくなる。更に、耐酸膜を除去した時点では、形状は湾曲し、仕上げ面になるとコーナーは丸みを帯びエッチングの形状は更に丸味を帯びる。

そこでエッチングの性状を調査するため実験用サ

ンプルに形成された線幅0.4, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0mmの5種類のパターンについての形状分析を行なった。

線幅は市販のクラフト紙及びスクリーントーンを用いて感光性フィルムに直接露光を行い現像後エッチングを施した。また、エッチング後の測定には形状測定機及び万能投影機によって断面形状を測定した。尚、切断面の仕上げには、研磨装置にて鏡面仕上げを行い切断時のかえりを完全除去した。

フィルムパターン露光条件を表1に示しフィルムの現像及び剥離条件は表2に示す。

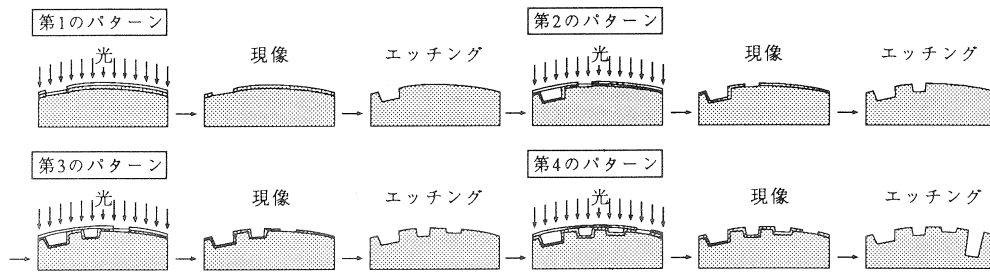


図5 複数のパターンフィルムによる三次元的加工法

表1 感光性膜への露光条件 (球形反射露光装置)

感光名	方法	製品名	波長域 (ピーク波長)	露光量 (mj/qcmf)	ホールド タイム(分)	光源 (電圧調整)	金型温度	使用目的
ドライフィルム フォトレジスト		徳山ソーダ製 アクアマー	420nm	130	10	低圧水銀 ランプ	30~40℃	平面状
液状フォト エッチング レジスト		太陽インキ製 PER-20K うすめ液 レジャーサーM	365nm	100	10	低圧水銀 ランプ	常温	平面状 及び 球面状

*露光量測定装置：ミノルタ製紫外線強度計UM-1

表2 感光性膜の現像及び剥離条件

方法	現象剤	液温度	液温度	現像時間	膜剥離	備考
ドライフィルム フォトレジスト	Na2CO3	2Wt%	30~40℃	1~2分	アセトン メチルエチル ケトン	柔らかい布等で 軽くこすり下地 の金属色が完全 にできるまで溶解 した後完全水洗 を必要とする。
液状フォト エッチング レジスト	Na2CO3	2Wt%	30~40℃	1~2分	3Wt% NaOH (40℃)	

3-2 実験用機器及び造型条件

ロストワックス法による精密鑄造を行なうためには、ワックス模型をいかに精度よく転写するかが最も大きな要因である。

ワックス模型の成形には高性能な射出成形機を必要とし、また同時に金型精度が転写精度を確保する上での大きな要因となる。更に模型へのコーティングには、ロータリースラリータンクにて模型の表面に液状セラミックスにてコーティングを施し、流動床によってセラミックス材を表面に一定の厚みを付着させるサンディングを施す。サンディングには細粒、粗粒の二種類を用いた。

焼成時におけるセラミックスの膨張、収縮を最小にするため、細粒から粗粒へ順次積層する必要がある。サンディングの方法としてはブロワーで粒子が浮上する流動床を用いた。

鑄型の焼成には、昇温速度が速く、酸化性雰囲気であることが必要条件であるため、プロパンガスを燃料とするガス焼成炉を用いた。

4. 実験結果及び考察

4-1 露光条件

球形反射露光装置を用いて露光時間に対する感光性フィルムの透過濃度、直接光からの距離と露光量の関係、光源を遮蔽（間接光）したときの距離と露光量の関係について示す。

図6は露光時間に対して光量を変化させたときのフィルムの透過濃度を示したものである。加電圧80V~100Vの光量におけるフィルム透過濃度は5分~10分ではあまり変化なく、15分照射では若干濃度は高くなる傾向にある。一方加電圧60Vの5分間照射では、極端に透過濃度が低いものの10分では3.6、15分では他の光量と同程度の濃度となった。従って露光量の関係から10分経過後、透過濃度が4以上であれば使用可能である。透過濃度算出式は $D = \log_{10}(L_0/L)$ で表わす。(但し D = 透過濃度, L_0 = 入射光強度, L = 透過光強度)

図7は本実験装置を用いた直径50cm球形反射露光装置の光源からの距離と露光量を示したものであり、遮蔽板を使用せずに直接光にて測定した結果である。加電圧60Vでは距離に応じて露光量は直線的に減少するがその減少量は小さい。加電圧80Vでは

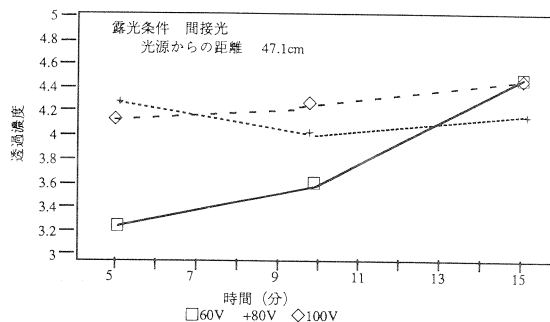


図6 露光時間と感光性フィルムの透過濃度の関係

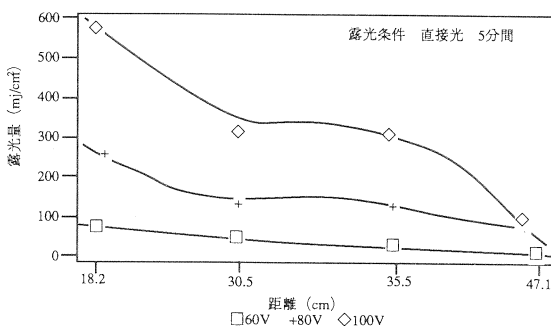


図7 光源からの距離と露光量の関係

露光量が減少し、30cm付近からは平行線に近くなる。また加電圧100Vでは露光量が急に減少している。47cm付近では加電圧による露光量の差は小さい結果となった。

図8は光源を遮蔽した間接光である。加電圧60Vでは光源からの直接距離が18.2cm(実際は遮蔽板により光は球面体内を全反射)で露光量30mj/cm²であるが球面体中央付近は若干高く47cmでは露光量20mj/cm²となる。加電圧80Vの球面体付近では、露光量80mj/cm²となり47cm付近では減衰する。また加電圧100Vでは、80Vと同様な傾向を示し、中央付近では120mj/cm²以上となる。また露光量に対する現象の時間は1~2分が望ましい。従って露光量40mj/cm²以上180mj/cm²以内であれば現象が容易であることから、加電圧80~100Vの設定、被加工物を中央付近に設置すれば最適露光が得られる。

図9は液状レジストの露光量と剝離性を示したものである。先の現象では炭酸ソーダを用いたのに対し、エッチング後におけるレジストの剝離には苛性ソーダを用いる。露光量40mj/cm²以上ではほぼ直線

的に剝離時間が増加する。また図12における現像有効範囲の上限が180mj/cm²であることから剝離時間20~55秒以内が最適といえる。

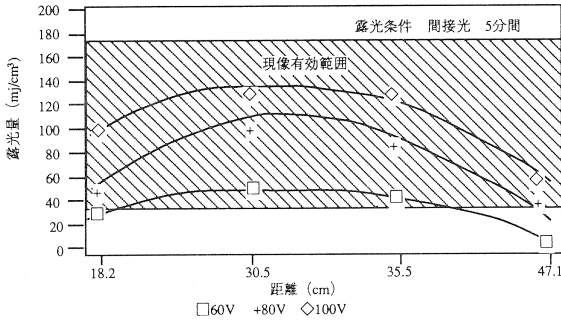


図8 光源からの距離と露光量の関係

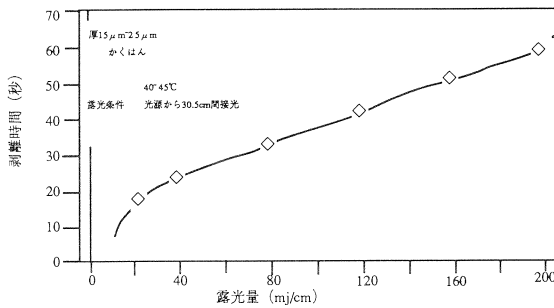


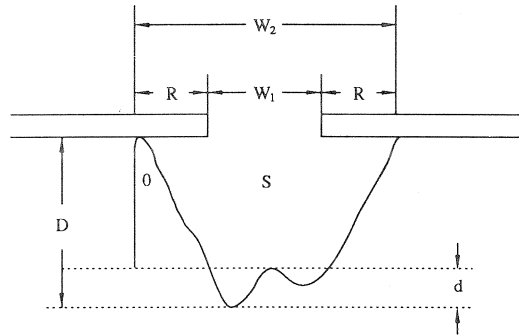
図9 露光量と剝離性(液感光性レジスト)

4-2 エッチングの形状及び転写

本実験でシボ加工に用いた金型より得られたセラミックス鑄型にAL-7A, 銅合金, 球状黒鉛鑄鉄(FCD55相当)をそれぞれ鑄込んだ時の転写状況について図10に示す8項目の形状分析を行った。

図11は各種金型材料のエッチング特性について示す。各線幅と腐食係数の関係では、純アルミ材は線幅が大きくなる程腐食係数が増加する。黄銅材及びSS材は逆の結果となり、線幅が大きくなる程安定している。この結果については昭和61年度の研究報告の中でも触れているが、純アルミ材については他の材料に比較して液濃度は5分の1に薄めてエッチングしても尚かつ腐食の進行度合が速い。

エッチングの幅については純アルミ材及びSS材が同一傾向を示し、黄銅材は直線傾向にある。底部の荒幅では純アルミ材のみ線幅が大きくなる傾向に



測定項目

W₁: 線径の幅

W₂: エッチングの幅

R: 元の線径から内側に腐食が食い込んだ幅

S: 腐食断面積

D: 腐食の深さ

d: 底面の荒さ

0: 腐食の傾き

D/R: 腐食係数 $\frac{2D}{W_2 - W_1} = \frac{D}{R}$

図10 エッチングによる形状分析

あるが、他の材質では逆の傾向を示している。

更に腐食の傾きでは、線幅が大きくなるほど傾きは小さくなっているが純アルミ材は黄銅材, SS材に比較して腐食角度が大きい。純アルミ材において線幅が大きくなると断面積の増加割合が少ないのは、データ上のばらつき及び測定誤差と考えられる。

エッチングの深さではSS材に比較して黄銅材, 純アルミ材とも深くエッチングされている。また線幅が太くなくてもエッチング深さはあまり変わらない。

図12は、総合評価として各種材質における各種測定項目の相関関係を求めたものである。腐食係数では、純アルミ材が非常に高く逆に黄銅材が極端に低い結果となっている。この理由として純アルミ材と他の材質とは腐食条件が異なっているため、同一に比較するのは無理があると考えるが腐食時における腐食速度の割合が高い。線幅に関してどの分野からのも非常に高く、その中でも特に黄銅材とSS材は相関が高くなっていることから、線幅に対する腐食幅とは相関が深い。また断面積も比較的高い傾向を

示している。その理由として、断面積の割合は、他の項目に比較して極端な差が出にくいいため、高い結果になっているものと思われる。図12-2の金型からワックス模型への転写では幅のみが高く他の項目についてはあまり相関がない。またワックス模型からセラミックス鑄型へ転写された場合でも前図と同様、幅について高く、この項では断面積が最も高い値となっている。

図12-5、図12-6ではいずれの材質も幅及び断

面積について相関が非常に高く安定している。特に球状黒鉛鑄鉄については深さに関しても非常に相関が高くなっている。従ってワックス模型からセラミックス鑄型に転写された時点で幅と断面積及び深さについて相関が高くなっていることから、セラミックス鑄型から鑄物製品への転写についても相関が高くなっている。特に球状黒鉛鑄鉄についてその傾向が強い。

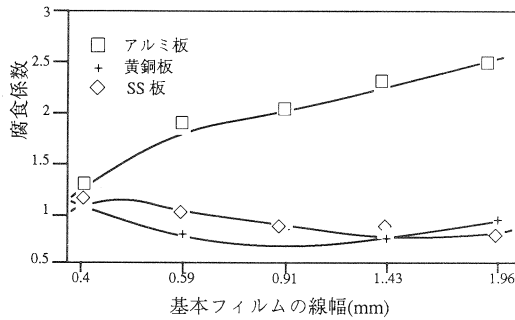


図11-1 各種材料による線幅と腐食係数の関係

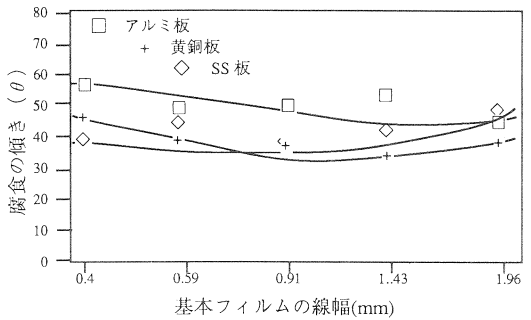


図11-4 各種材料による線幅とエッチング幅の関係

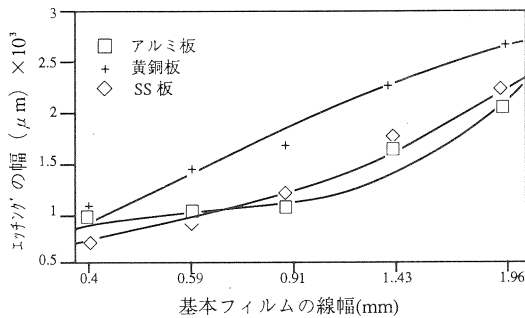


図11-2 各種材料による線幅と底面荒幅の関係

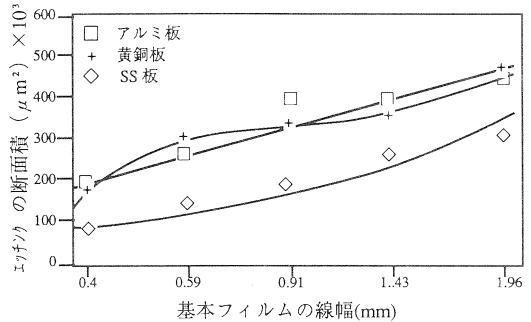


図11-5 各種材料による線幅と腐食の傾きの関係

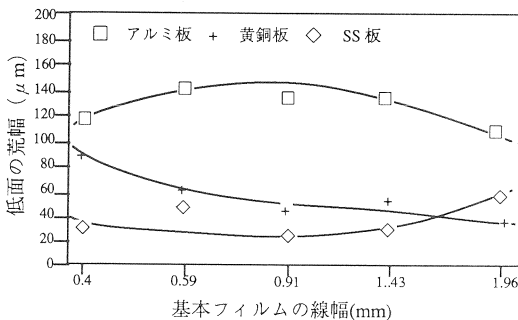


図11-3 各種材料による線幅と断面積の関係

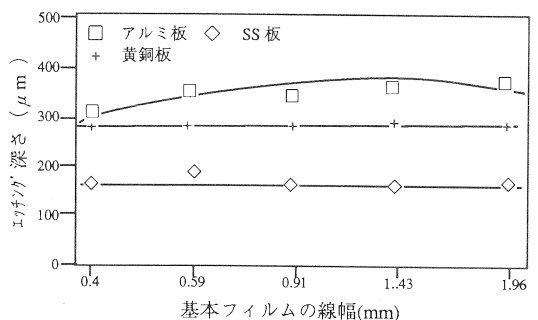


図11-6 各種材料による線幅とエッチング深さの関係

図11 各種金型のエッチング特性

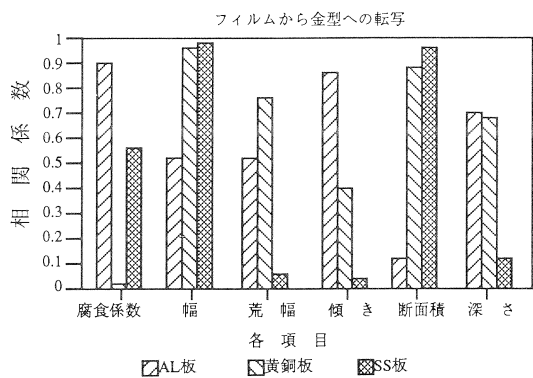


図12-1 フィルム線幅とエッチング測定項目の相関関係

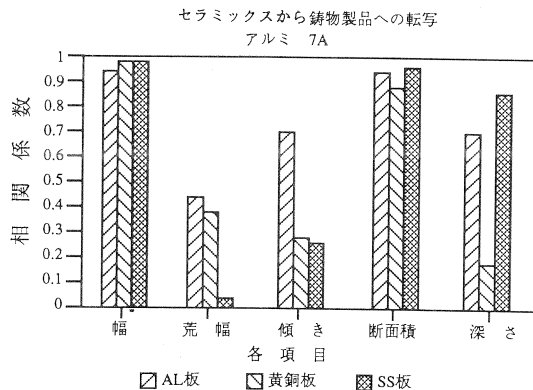


図12-4 各材料の測定項目と相関係数の関係

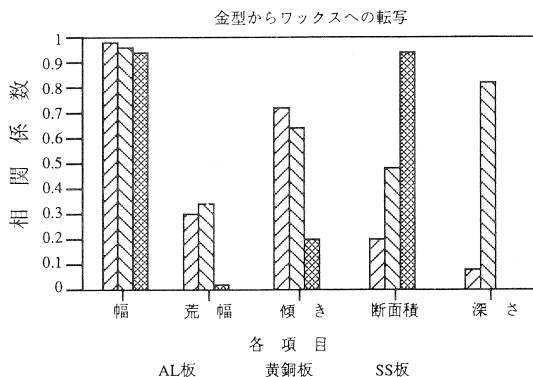


図12-2 各材料の測定項目と相関係数の関係

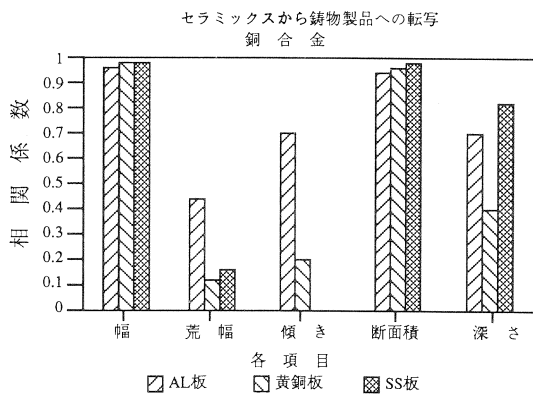


図12-5 各材料の測定項目と相関係数の関係

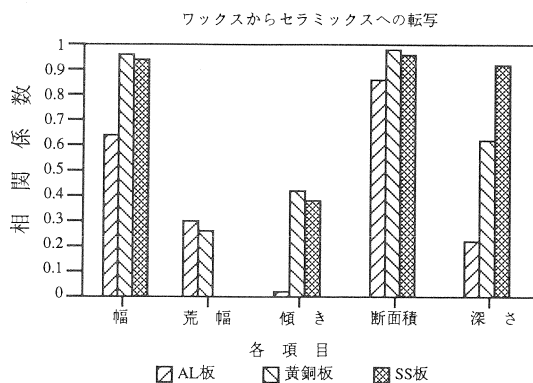


図12-3 各材料の測定項目と相関係数の関係

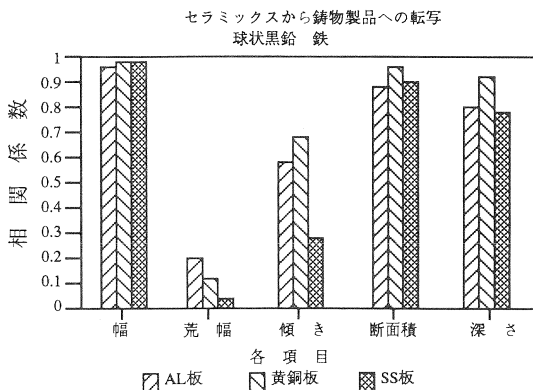


図12-6 各材料の測定項目と相関係数の関係

図12 各種写工程に於ける測定項目の相関関係

5. 実態鋳物への応用

4の実験結果を踏まえシボ加工された金型を用いてロストワックス法により製品を試作した。図13は

実態鋳物に使用した各種花柄及び幾何模様について示す。










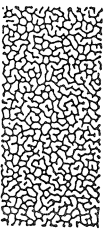
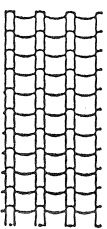
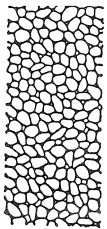

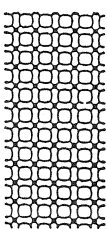
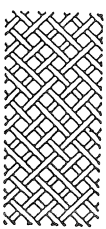

名称	桜	薔薇	立葵	百合	菖蒲	連ぎょう	菊	梅
花柄模様								
名称	皮シボ(大)	皮シボ(小)	瓦	石垣	星	格子	竹編	角型
幾何学模様								

図13 実態鋳物に使用した各種花柄及び幾何学模様

6. まとめ

6-1 露光条件

- ① 露光量に対するフィルムの透過濃度は10分を目安とし、透過濃度4以上であれば現像に供せられる。
- ② 光源を遮蔽しない直接光では加電圧を増すと急速に露光量が増大するが47cm付近になると減衰し、加電圧の差はほとんどない。
- ③ 光源を遮蔽した間接光では、加電圧を増すと露光量も若干増すがその差は小さい。また有効現像範囲は40~180mj/cm²以内が最適露光量である。
- ④ 液状感光性レジストの剝離性は露光量との関係から20~55秒以内が最適といえる。

6-2 形状分析について

(1) 金型における各種材質のエッチング特性

- ① 線幅と腐食係数の関係は、純アルミ材が他の材質に比較して高い。

- ② 線幅とエッチング幅の関係は、黄銅材が他の材質に比較して若干高い。
- ③ 線幅と底面の荒幅の関係は純アルミ材が他の材質に比較して高い。
- ④ 線幅と腐食の傾きの関係は、純アルミ材が他の材質に比較して高い。
- ⑤ 線幅と断面積の関係は、SS材が他の材質に比較して小さい。
- ⑥ 線幅とエッチング深さの関係は、SS材が小さく黄銅材、純アルミ材の順に深くなっている。

(2) 各種材料から転写された相関関係

- ① フィルムから金型への転写は、幅及び断面積に関して相関が高い。
- ② 金型からワックス模型への転写は、幅に関して相関が高い。
- ③ ワックス模型からセラミックス鋳型への転写は、断面積、幅、深さの順で相関が高い。
- ④ セラミックス模型からアルミニウム鋳物への

転写は、幅に関して最も高く断面積、深さの順で相関が高い。

- ⑤ セラミックス鋳型から銅合金鋳物への転写は、幅、断面積とも非常に高い。
- ⑥ セラミックスから球状黒鉛鋳鉄への転写は、幅に関して最も高く断面積、深さの順に相関が高い。

6-3 実態鋳物について

花柄模様及び幾何模様について8種類のうち5種類を組み合わせて実態鋳物に供した。

(1) 花柄模様

- ① 線描による桜の花の模様では製品へ精度よく転写され、模様もはっきりしているが梅の木では、全体的に潰れた重い感じとなった。
- ② エッチング条件として腐食液温度45～50°C、液濃度40%塩化第二鉄水溶液で、腐食時間2時間の場合と腐食時間2時間45分の場合との比較では、後者の方が腐食深さ、及び幅の広がりが大きく、模様が潰れた感じを受けるため、腐食時間は2時間程度が適当である。

(2) 幾何模様

- ① 線描による模様は2時間の腐食時間が適当であり模様もはっきりしている。
- ② 皮シボ模様の犬、角型模様等、腐食面積の広くははっきりした模様でない場合は腐食の良し悪しはあまり目立たないものの、瓦模様、格子模様等は線がはっきりしているため、腐食の良し悪しによって製品に影響を及ぼし目立つようになる。また、星模様は特に中心部が狭いため、腐食によって模様が潰れはっきりとした模様とならなかった。

7. 結 言

本研究では、球形反射露光装置を用いて曲面を有する金型への最適露光条件を見出し、更に現象及びエッチング等についても最適条件を見出すことができた。

三次元的加工法についても第1のパターンから第4のパターンまでマスキングを繰り返してエッチング加工を施した結果、レリーフ状の形状を得ることが可能となった。また、フィルム線幅を基に純アルミ材、黄銅材、SS材にエッチングを施し、ワックス模型に転写後セラミックスをコーティングして逆型転写を行ってアルミニウム鋳造品、銅合金鋳造品、球状黒鉛鋳鉄品へと転写したが線幅が大きくなるほど純アルミ材以外の腐食係数は下る傾向にある。また極細な線幅は、元の線幅に対して太くなる傾向にあることからこれらのことを踏まえて模様を選定する必要がある。

更に実態鋳物へ応用する場合、線幅が細かい場合は長時間の腐食は避けるべきであり、逆に太線の場合は若干腐食時間の長い方がはっきりした模様となる。従って花柄模様、幾何模様を組み合わせてその製品にマッチした図柄の組立が必要となってくる。

今回の実験においてもこれらのことを踏まえて着色を施し、錆びた古銅の感じを出し、各種模様部分には磨きだしによる地金色を出して深みのある工芸鋳物とした。

今後鋳物製品のみならずプラスチック製品等多方面への応用、展開を図り、新技術事業団を通じて企業への指導及び育成を図っていきたい。

最後に本研究は技術加工費支出先である新技術事業団を通じて実施したものであり、実施にあたり御協力、御指導頂きました関係各位に対し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 吉浦洋之、清高稔勝：昭和61年度大分県工業試験場研究報告
- 2) 鋳鍛造と熱処理：84.9 ロストワックス法のすすめ
- 3) 吉浦洋之：昭和62年度大分県工業試験場研究報告
- 4) 鋳物：第54巻5号
- 5) 吉浦洋之：昭和52年度大分県工業試験場研究報告アルミニウム工芸鋳物の着色