

形彫り放電加工を利用したデジタルシボ製作の検討*

和合 健**、千田 征樹***

形彫り放電加工によるデジタルシボ製作の適用性を検証するために、シボ模様を凹凸（シボビット）の大小で分類し、特にシボビットが小さい時の梨地面の影響を調べた。形彫り放電加工に適用できる電極のシボビットの高さ（PV 値）は梨地面に埋没しないように、ある程度の高さが必要である。ここでは、その閾値は 54.5 μm 以上との結論を得た。

キーワード: デジタルシボ、形彫り放電加工、梨地面、シボビット高さ

Digital Shibo Manufacturing using Sinker Electric-discharge Machining

TAKESHI Wago and SEIKI Chida

To investigate the applicability of sinker electric-discharge machining to digital shibo machining (i.e., digital surface texturing), shibo (i.e., texture) patterns are classified by the size of the shibo bit (i.e., texture element). In particular, the effect of pear skin (satin-like surface) of steel is examined for an extremely small shibo bit. In order for the shibo bit to not sink into the pear skin surface, a certain height of the shibo bit (PV value) must be maintained on the electrode of the sinker electric-discharge machine. Finally, the threshold size of the shibo bit is found to be at least 54.5 μm .

key words: Digital shibo manufacturing, Sinker electric-discharge machining, Pear skin, Shibo-bit height

1 緒言

シボ性状の加工は意匠デザインを工業製品に付与するために有効な手法である。現在はエッチング法と呼ばれる有機溶剤を利用した方法により製作されている。エッチング法は専用設備が必要になる制限があるため、専用業者でしか取り扱うことができない特殊な製造方法になっている。

エッチング法に代わるシボ性状の製造方法としてデジタルシボが注目されている。デジタルシボは、ソフトウェアと金型製造企業が保有する NC 工作機械を使用してシボ性状が加工できる。このため、県内の金型企業など多くの業種の製造業者が独自にシボ性状の加工が行える。

デジタルシボを実現するためにはマシニングセンタによるミーリング加工が一般的と思われる。マシニングセンタは金型製造企業が保有する汎用的な NC 工作機械であるが、ミーリング加工は被削部を切

削除去する加工法であるため工具摩耗が生じ、工具が欠ける恐れもある。

これに対し、形彫り放電加工は予め形状加工を施した電極を使用し、放電現象を利用して鋼材に転写加工するため工具摩耗や工具の欠けにより生じる不良リスクが低いため、デジタルシボの加工に適している。しかし、放電現象特有の梨地面が形成されるため、微細凹凸のシボ模様の場合では梨地面に埋もれてしまうことも予想される。

ここでは、形彫り放電加工を利用してデジタルシボ製造を行う場合の要点について調べた結果を報告する。この加工法の要点を把握することでデジタルシボを実製造に展開するための選択肢の一つに成り得ると思われる。

2 実験方法

2-1 加工装置

* 平成 28 年度、平成 29 年度 ものづくり革新推進業務（共同研究）

** 素形材技術部

*** 株式会社北上精密

形彫り放電加工機（型式：EDSAN8E、メーカー：三菱電機）の主な仕様を表1、全景を図1に示す。この装置はX、Y、Z軸をボールネジ駆動方式で可動し、各軸に設置されたリニアスケールを利用した目盛取得によりフィードバック制御方式で0.1μm単位での正確な位置決めが可能である。放電加工電源はコンデンサ電源とトランジスタ電源の両方を備え、加工面粗さの最小値は0.3μmRyである。

表1 形彫り放電加工機の主な仕様

項目	仕様
XYZストローク	300×250×250 mm
XYZ軸制御方式	リニアスケールフィードバック
XYZ軸駆動方式	0.1 μm
特殊機能	WEDG(ワイヤ放電研削法)
	μSF電源
	創成放電CAM
加工面粗さ	0.3 μmRy
加工面真直度	1.0 μm以下



図1 形彫り放電加工機的全景

一方、表2と図2は、銅電極へのシボ形状のミールリング加工で使用したマシニングセンタ（型式：HSC55 Linear、メーカー：DMG/MORI）の主な仕様と全景である。このマシニングセンタはリニアガイド・リニア駆動であるため精密で速い切削送りが可能であり、高精度加工に適している。

表2 マシニングセンタの主な仕様

項目	仕様	
NC装置	-	Heidenhain iTNC 530
駆動ガイド方式	-	リニアガイド・駆動
作業範囲	X軸 mm	450
	Y軸 mm	600
	Z軸 mm	400
回転軸	A軸 deg	+10/-110
回転軸	C軸 deg	360
最大回転数	min ⁻¹	28,000
最大送り速度	mm/min	80,000
ツールシャンク	-	HSK-A63



図2 マシニングセンタの全景

2-2 加工手順

まず、マシニングセンタを利用して銅電極に切削加工でシボ模様を形成する。シボ模様が付与された銅電極を使用して形彫り放電加工により金型材にシボ模様を転写加工する。この時、銅電極と金型材のシボ模様は反転した形状となる。最終的に樹脂射出成形により樹脂成形製品を製造するが、そのシボ模様は銅電極と同等の形状になる。ここで銅電極はタフピッチ銅、金型材はNAK55（大同特殊鋼）を使用した。

2-2 シボ模様とシボビット

形彫り放電加工によるシボ模様製作の適用性を評価するため、表3に示した8種類のシボ模様を選定した。ここでは放電特有の梨地面とシボ模様の関係を調査するため、特にシボビットに注目した。シボビットとは、シボ模様においてシボを構成する小さい凹凸のことである。図3、4、5に放電加工後の金型を示すが、それぞれシボビット大、シボビット中、シボビット小について、様々なシボ模様を示している。

2-3 シボビットの形状検査方法

形彫り放電加工は非接触加工法であるため、僅かな放電ギャップ分の隙間があり、その隙間で電氣的、機械的及び化学的な作用で除去加工が行われる¹⁾。例えばプレス加工と比較すると、金型と加工物が接触

表3 シボ模様の特性一覧

No.	シボ模様	エッジ	ビット	派性	形状分類
1	玉	dull	大	自然	ランダム
2	ガラス	dull	大	工芸	ランダム
3	パターン	sharp	小	意匠	幾何学
4	タイル	sharp	小	意匠	幾何学
5	にたり大小島津	sharp	中	工芸	幾何学
6	花	sharp	中	自然	ランダム
7	布	dull	中	工芸	ランダム
8	パン	dull	大	自然	ランダム

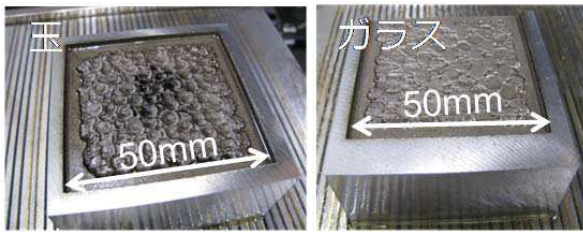


図3 放電加工後のシボ模様「玉」と「ガラス」の金型（シボビット大）

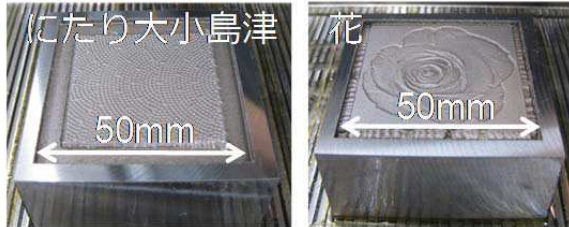


図4 放電加工後のシボ模様「にたり大小島津」と「花」の金型（シボビット中）

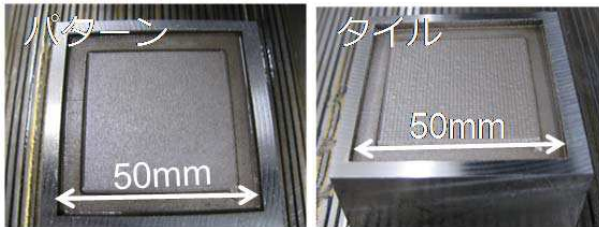


図5 放電加工後のシボ模様「パターン」と「タイル」の金型（シボビット小）

表4 三角測量式形状測定顕微鏡の主な仕様

メーカー	キーエンス
型式	VR-3200
測定範囲	10mm(±5mm)
表示分解能	0.1μm
繰返し精度σ	1μm
XYストローク	184×88mm
Zストローク	90mm



図6 三角測量式形状測定顕微鏡の全景

するため直接的な転写加工が行えるが、形彫り放電加工では電極に与えた微細な凹凸模様は加工分解能の影響から無視され、加工物に微細凹凸が生成されない可能性がある。ここでは、シボビット小に分類

されたシボ性状の微細な凹凸模様が形彫り放電加工によって金型へ転写性されているかの可否について形状検査を行った。形状検査に使用した三角測量式形状測定顕微鏡（以下、TM：Triangulation method contour measuring machine）の主な仕様を表4、全景を図6に示す。TMは三角測量法で高さ方向を測定する方式であり、高さ方向の表示分解能は0.1μmである。

2-4 表面粗さ測定方法

表面粗さの測定は、JIS規格に即した測定方法である接触式表面粗さ測定機（型式：DSF600S_PU-FK1、メーカー：小坂研究所）を利用し、電極と金型について測定した。電極は形彫り放電加工後の表面についてである。この測定機の測定原理は、先端角60°かつチップ径R2μmの粗さ測定用スタイラスで測定物表面を走査し、そのスタイラスの挙動を差動電圧器で増幅して表面粗さを測定する方式である。この装置の分解能は7.5nm、その時のZ方向測定範囲は5mmである。表面粗さ測定では、検査長さ7mm、カットオフ値は0.8mm、評価長さはカットオフ値の5倍、フィルターは粗さ用ガウシアンフィルター、粗さパラメータはRa、Rz、Rt、Rp、Rvの5種類とした。ここで、Raは算術平均粗さ、Rzは最大高さ粗さ、Rtは粗さ曲線の最大断面高さ、Rpは粗さ曲線の最大山高さ、Rvは粗さ曲線の最大谷深さであり、これらにはRz=Rp+Rvの関係がある。

3 結果及び考察

3-1 シボビットの形状検査結果

TMで形状測定した場合のシボビット小のシボ模様「パターン」のカラーマップを図7、断面曲線を図8、同様にシボビット小のシボ模様「タイル」のカラーマップを図9、断面曲線を図10に示す。カラーマップから「パターン」の場合、電極ではシボ模様が表れているが、金型では転写されずに不規則な凹凸のみになっていた。「パターン」の断面曲線から求めたPV値(Peak to Valley; 山谷高さ)は、電極で16.4μm、金型で26.7μmであった。元々の電極のシボ模様の凹凸高さが16.4μmであったものが、形彫り放電加工

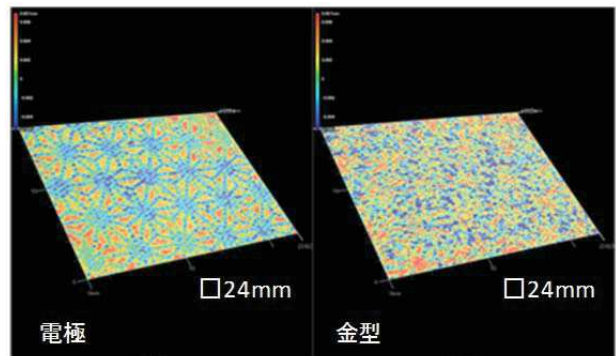


図7 シボ模様：「パターン」のカラーマップ

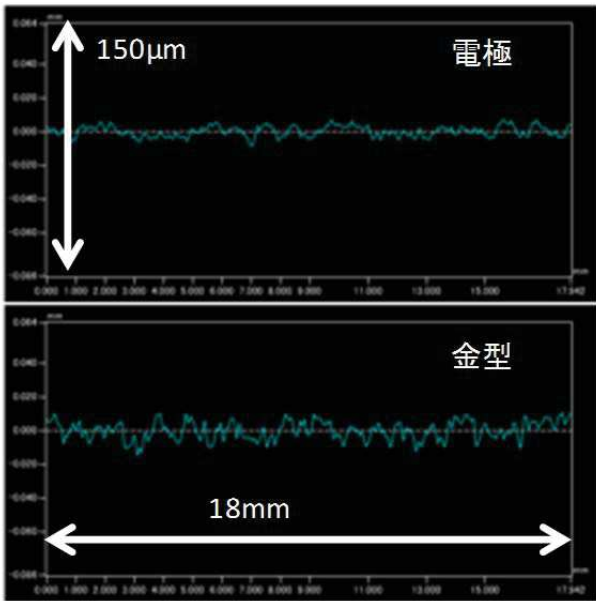


図8 シボ模様：「パターン」の断面曲線

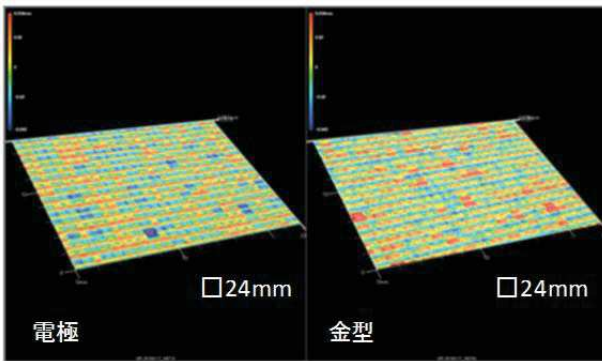


図9 シボ模様：「タイル」のカラーマップ

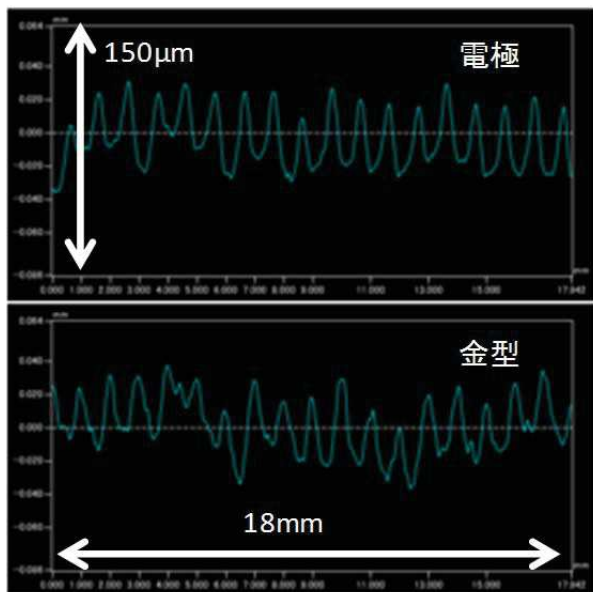


図10 シボ模様：「タイル」の断面曲線

加工され、その結果PV値は大きくなっている。

シボ模様が「タイル」の場合では、タイルを模した幾何学模様が電極と金型で確認できた。さらに、形彫り放電加工では、電極を金型に転写した加工となるため電極と金型は凹凸が反転するが、電極で青色の箇所が、金型では赤色に変わり、正常に形状転写がなされていることが確認できた。ここで赤色は設計値から外側にはみ出した箇所、青色は設計値から内部側に入り込んだ箇所となる。

シボ模様の凹凸は、PV値で電極が54.5µm、金型が47.2µmとなり、ほぼ同等に転写している。一方、シボ模様「パターン」では、PV値で電極が16.4µm、金型が26.7µmとなり、金型のPV値が増加していた。このことからシボビット小では放電加工特有の梨地の影響が表れていることが判る。

3-2 表面粗さ測定結果

シボビット小のシボ模様の形状測定の結果を受けて、表面粗さとの関係性を求めた。図11に「パターン」、図12に「タイル」の表面粗さを示す。「パターン」では電極でRt18.5µm、金型でRt29.8µm、「タイル」の電極でRt25.8µm、金型でRt32.5µmであった。次に図13、14に「パターン」と「タイル」の表面粗さRtと形状PV値を比較した図を示す。「タイル」では金型のRtがPV値より小さく妥当な結果であるが、「パターン」では金型のRtがPV値より大きく、シボ模様が表面粗さに埋没していた。形状測定の結果から、「タイル」の電極のPV値が54.5µmでありこの程度のPV値では形彫り放電加工での梨地面に埋もれない。一方、「パターン」の電極のPV値は16.4µmでありこの程度のシボ模様では、形彫り放電加工で金型にシボ模様を転写した場合、金型の表面粗さが29.8µmとなり梨地面にシボ模様が埋没した。このことから形彫り放電加工でデジタルシボを適用する場合、シボ模様のPV値は電極側で54.5µm以上必要であることが分かった。

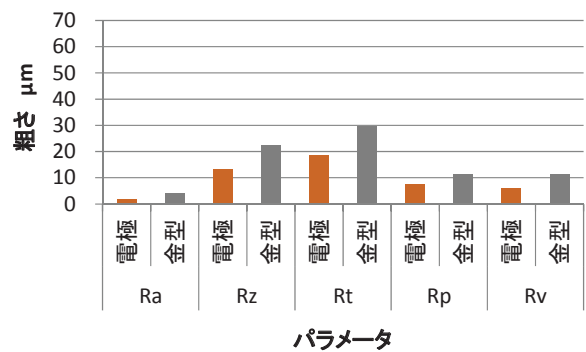


図11 シボ模様：「パターン」の表面粗さ

では金型に転写されず、単なる梨地に荒らした面に

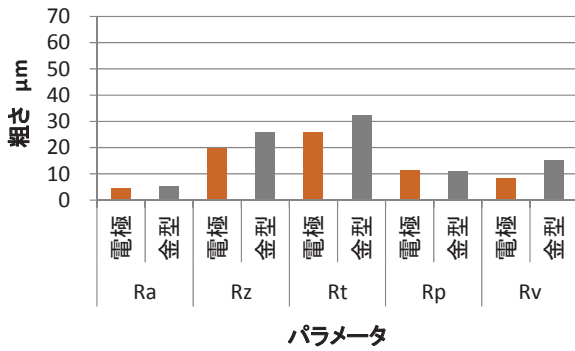


図 12 シボ模様：「タイル」の表面粗さ

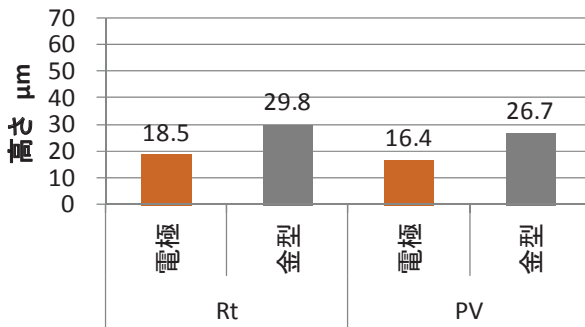


図 13 シボ模様：「パターン」の Rt と PV 値の比較

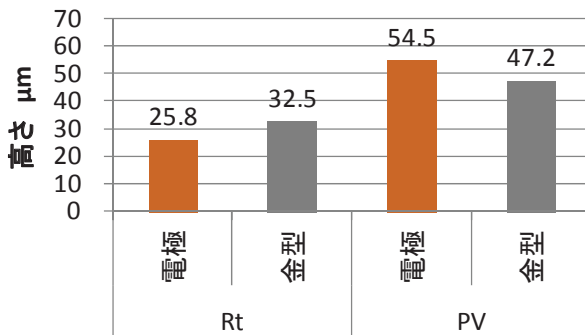


図 14 シボ模様：「タイル」の Rt と PV 値の比較

4 結 言

形彫り放電加工によるデジタルシボ製作の適用性を検証するため、シボビットの大きさにシボ模様を分類し、特にシボビットが小さいシボ模様（以下、シボビット小という）の加工特性を調べた。その結果、以下の結論が得られた。

- (1) シボビット小のシボ模様を対象にして電極のシボ高さ（PV 値）による型金への転写限界を調べた。電極の PV 値はシボ模様「タイル」で 54.5μm、「パターン」で 16.4μm であった。この電極を使用して型金へ形彫り放電加工をした結果、シボ模様「パターン」ではシボ模様の凹凸が転写されなかった。
- (2) シボ模様「パターン」の場合について電極のシボ模様が型金へ転写出来なかった理由を調べた。形彫り放電加工後の型金の PV 値と表面粗さの関係は、シボ模様「タイル」では PV 値（47.2μm）が表面粗さ（Rt32.5μm）を上回り、シボ模様が識別できたが、一方、シボ模様「パターン」では型金の PV 値（26.7μm）が表面粗さ（Rt29.8μm）を下回り、シボ模様が表面粗さに埋没した。
- (3) 形彫り放電加工に適用できる電極のシボ模様の高さは梨地面への埋没を避けるためにある程度のシボビット高さが必要である。その閾値は 54.5μm 以上であるとの結論を得た。

文 献

- 1) 斎藤長男：図解放電加工のしくみと 100%活用法、技術評論社（1979）pp17-18.