■ 特集／湿式エッチングとその応用

精密部品のエッチング技術

—ステンレス、その他の合金材料を中心として—

谷 口 善兵衛*

Application of Wet Etching of Precise Parts

Zenbei TANIGUCHI*

フォトファブリケーション（P・F）はその優れた特性を活かし、多方面に応用されている。本稿では、その対象素材として大きな位置を占めているステンレスに着目し、精密部品への応用について述べるとともに3次元P・Fについて提案する。

1. まえがき

エッチング—Etchingという用語は、多くの化学加工—腐食・溶解に関して使われてきた。しかし、現在の多種多様な加工・処理をこの用語でひとまとめに総称するのは粗すぎるので、これらの作業を整理してフォトファブリケーション“Photo Fabrication(略称 P・F)の領域に限って次のように分類してみた。

P・F はフォトレジスト（感光性抵抗膜）を用いた化学溶解の作業で、精密部品などにさかんに使われている。ステンレスなどの金属を主とし、合成樹脂、セラミックスなどが対象になっている。P・F の区分として次の4つに分類できると思われる。

- (1) フォトエッチング 切削
- (2) フォトミーリング 彫込み
- (3) フォトブランキング 打抜、貫通
- (4) フォトフォーミング 電铸

このような分類は確定した用語ではないが、具体的な工程上の区別になるので提唱されている。いづれにしてもこれらの作業の出発点はフォトレジストを使って始められるP・Fである。従って、狭義に解釈すれば、フォトレジストを使わない作業（精密度が粗くなる）は、P・F と異なるといえる。

しかしながら、このような用語にこだわることなく、現在の生産は、あらゆる分野ですめられている。このP・Fの具体的な技術解説については多くの筆者から詳しく説明があり、また優れた解説や文献が紹介されるので省略する。

本稿では、P・Fの周辺で気付かなかったことや、異った発想などを紹介したい。

2. 精密加工の多様な方式

素材としてのステンレスの精密加工の方式はほとんど湿式処理によっており、機械加工や乾式処理では困難か、不可能な要求に依っている。(表1)

湿式処理が改めて注目されるのは、P・Fによる加工需要が成熟段階に入りつつあり、使用される器具や作業プロセス、そしてフォトレジストを始め、化学薬品及び添加剤が最適状態へと専門化し、繊細な日本人特有の配慮の結集がハード・ソフトの全てのプロセスに浸透し、生産技術の質が飛躍的に上ったからである。ほとんどは自社設計となり、精細微妙なノウハウが重ねられている。例えばエッチングマシンのノズルの配置や径、角度、温度、薬液管理なども自動化し専用化が進んでおり、一部ではすでに装置産業となっているた

* (株)フォトカッティング (〒164 東京都中野区中野2-1 1-5, ☎03-382-2727)

Photo Cutting Laboratory. (11-5, Nakano 2-chome, Nakano-ku, Tokyo 164)

表1 湿式腐食加工の概略¹⁾

表2 エッチングの加工精度（単独孔）²⁾

板 厚	せん孔可能最小孔	孔と孔の最小間隔	孔径の違いによる加工精度			
			0.10mmφ	0.5mmφ	1.00mmφ	10.00mmφ
0.03	0.030	0.010	± 0.008	± 0.008	± 0.008	± 0.008
0.05	0.050	0.015	± 0.010	± 0.010	± 0.010	± 0.010
0.10	0.070	0.030	± 0.010	± 0.010	± 0.010	± 0.015
0.20	0.150	0.080		± 0.020	± 0.020	± 0.020
0.25	0.180	0.100		± 0.025	± 0.025	± 0.025
0.30	0.220	0.120		± 0.030	± 0.030	± 0.030

金属材料；ステンレススチール－SUS304

単位；mm

フォトレジスト；水溶性コロイド系フォトレジスト

め、先行投資の膨張が過大となりその償却が大きな負担となり過当競争の弊害も見られる。

これらの特徴を生かして、高精度の作業が板厚に応じて、極限に近く精密化－薄板化（箔化）がすすめられている。この精度の限界を示す表を次に引用する。（表2）

3. P・F の特徴と課題

特徴としてよく挙げられるのは、

(1)設計の自由度が高く、複雑なパターンを大きい面積の中で多数を得られ、バリ、歪などがなく、機械的硬度に関係なく溶解が可能である。

(2) 金型を必要としないので、パターン作製を短時間で終り、数時間で目的の製品が得られること。などP・F の大きな特徴である。

4. ステンレス精密部品

ステンレスの溶解液は、FeCl₃を主剤とし、目的及び条件に伴って添加剤－界面活性剤その他を選ぶ。ステンレス合金の溶解速度はCuなどの単元素金属に比べると極めて遅く、3～5倍の時間を要する。本来、耐食のために作られて、不動態

化された表面になっており、この皮膜は30～ 100 Åと薄い、「自己治療能力」をもっているのが容易には腐食しない。このため前処理工程で充分に表面の活性化が必要となる。電解・水洗の処理は欠かせない。これはフォトリソの密着強度とも関連しているので重要である。

前処理の後の工程は他の筆者によって説明されているので省略して、代表的な精密部品について簡単に紹介する。(写真1参照)

(1) 精密バネ

加工応力やバリを嫌う精密バネは、コンピューターの外部記憶装置として大量に使われているFDDやHDDのヘッドアクチュエーターバンドやヘッドジンバルバネ、レーザピックアップ用バネ、マイクロスイッチ用バネ、接点バネなどやスパー、シムとしても使用されており、SUS 301、

304、631 などが多用されている。

(2) HDD ジンバル・フレキシャーアッセンブリー

ハードディスクドライブはヘッドとディスクの間隔が極めて狭くて 0.2μm—ジャンボジェット機で地上4mmを飛行するに等しい精密度となっている。

この装置の中には磁気ディスクが毎分3,600回転しており、その風圧によって浮上するものである。

この 0.2μmを保つための磁気ヘッド支持バネがジンバルフレキシャーアッセンブリーと呼ばれるものである。SUS はこのような超精密加工の素材として多用されている。

(3) 治具その他

P・F による精密部品はきわめて広範囲に使用

表3 各種素材に対するエッチング液^{*)}

加工素材	エッチング液組成と条件
鉄, 鉄—ニッケル	1. 38～42°Be'塩化第二鉄液
アルミニウム	1. 20%カ性ソーダ(60～90℃)
	2. 38%濃塩酸1容+水4容(22～65℃)
	3. 40°Be'塩化第二鉄液4L+38%濃塩酸340g(43℃以下)
陽極酸化したアルミニウム	1. 20カ性ソーダ(室温)
	2. 40°Be'塩化第二鉄液4L+38%濃塩酸340g(43℃以下)
	3. 38%濃塩酸1容+水4容
クロム	1. 42°Be'塩化第二鉄液2容+濃塩酸1容(80℃)
	2. 濃塩酸3容+水7容(80℃) 3. 硝酸第二セリウムアンモン+過塩素酸
銅, 銅合金	1. 塩化第二鉄液 2. 過硫酸アンモン+塩化第二水銀
	3. 塩化第二銅液
金	1. 王水(金皮膜が薄い場合) 2. シアン化ソーダ+過酸化水素
マグネシウム	1. 5～10%硝酸
モリブデン	1. 濃硝酸1容+濃硫酸1容+水3容 2. 赤血塩+カ性ソーダ
ニクロム	1. 塩化第二鉄液
	2. 濃硝酸1容+塩酸1容+水3容
ステンレスチール	1. 38～42°Be'塩化第二鉄液 2. 塩化第二鉄液+硝酸
	3. 塩酸100部+硝酸第一水銀6.5部+水100部
	4. 37%塩酸1容+70%硝酸1容+水3容
	1. 55%硝酸第二鉄液
銀	2. 無水クロム酸40g+濃硫酸20mL+水2000mL(建浴時に注要)
鋼	1. 38～42°Be'塩化第二鉄液 2. 塩化第二鉄液+硝酸
	3. 濃硝酸300mL+水700mL
	4. 濃硝酸300mL+硝酸銀35g+水700mL
	1. 40%フッ酸1容+水9容(30～32℃) 2. 過硫酸塩+フッ化物
チタン	1. 硝酸溶液
亜鉛	1. 硝酸溶液
ガラス, セラミック	1. フッ酸 2. フッ酸+塩化アンモニウム
酸化 化 錫(皮膜)	1. 粉末亜鉛と10%塩酸溶液(室温) 2. フッ酸
酸化インジウム(皮膜)	1. 38～42°Be'塩化第二鉄液
	2. チオシアン酸ナトリウム+ギ酸ナトリウム
シリコン, ゲルマニウム	1. フッ酸と硝酸あるいは過酸化水素を含む溶液(SiとGeに対して)
	2. 次亜塩素酸塩溶液に炭酸ガスを吹きつつエッチング(Ge)
ポリエステル	1. 濃硫酸 2. 硫酸+スルファミン酸
ポリイミド	1. 50%カ性ソーダ(105～110℃) 2. ヒドラジンとエチレンジアミン
タリ	1. 30～40%カ性ソーダ(70～80℃) 2. フッ酸

写真1 SUS系のP・F品

(株)フォトカッティング提供

されている。治具について述べれば、IC やセラミックコンデンサー、磁気ヘッドなどの微細なチップ部品を正確に搬送、整列、位置決めするためには特にピッチ誤差の小さい治具が必要で、P・F で製作されている。これらは素材を両面から同時にミールリングとブランキングを進行させて作業されることもある。その他、先に掲載した湿式腐食加工の表1のマスキング法に分類された例は、ほとんどはSUS系の素材の精密加工である。

5. 3次元P・F の提案

P・F は平面処理の技術である。即ち2次元ゾーンの加工を特徴とする。しかし薄板から厚板に加工対象が厚くなるに従い、精度は確実に低下する。いわゆるサイドエッチが大きくなり、直立した側壁が得られなくなって、ショルダーが発生する。このサイドエッチについては改めて別の機会に述べたい。ここでは、平面加工が厚い平面板に行わ

れるために精度が低下するならば、薄板を高精度に加工して積層し3次元の高精度立体物を作成した工程について説明する。(写真2 参照)

(1) P・F + D・B

固体、とくに金属加工物である機械部品などを機械加工された3次元の立体と見ないで、2次元の平面の集積体と見なせば、どんな工作物も多種多様な平面パターンの集積体である。この平面体のうちに立体物に必要な機能と情報を充分に入れておく。例えば、自由に任意の曲線、スパイラル、渦巻き穴、折返し溝、任意のトンネルや個室などを限られた容積の中に付与する。これは平面段階で予め立体の形状と機能をP・Fで作業しておく。これは先づ平面板の枚葉ごとに立体で完成する設計位置にそれぞれの形状を工作しておく。すなわち予め計測された3次元精度を2次元に読みかえ、それを平面上に加工するものである。そしてほとんど加工済みの平面体を順次積層して立体化する。このままでは機能しないので集積物が1つ

金型用電極

流体素子

特殊電極

タービン動翼

動圧グループ軸受

タービン冷却翼

写真2 3次元P・F品

(株)フォトカッティング提供

の強靱な固体と化する必要がある。そこで固体化のために拡散接合を用いる。Diffusion Bonding (略称 D. B.) と称する熱加工技術である。多くの金属は、高真空中で温度を上げてゆくと金属表面の分子移動が励起され、相互の分子が相手方の表面に拡散し、再結晶化して常温に戻ったときには強固に接合されているので、平面の集積体は固体化している。この方法は航空機部品、放電加工用の電極、熱交換器、コリメータなどに利用されている。

(2) 動圧グループ軸受

ステンレスの薄板でなく、シャフトに加工した3次元P・Fについて紹介する。この素材はSUS 420 J 2 など剛性の高い材料を用いる。

動圧グループ軸受は動圧軸受の一種で、最近になってVTR、プレイヤー、レーザプリンタ、情報機器用スピンドル、航空機ジャイロなどへの応用が実現し始めている。この軸受は「気体の粘性を利用し、すき間内の圧力を高めて物を浮上させる」という気体軸受の原理によるもので、従来の滑り軸受のように軸受けを使用しないのが最大の特徴である。グループとは軸の表面に刻んだスパ

イラルやヘリングボン（魚の骨）状などの浅い溝をいう。軸の回転によって流体が粘性摩擦のため、くさび状の流路に引き込まれて発生する圧力で負荷を支えるため、溝がない一般の動圧軸受よりも高い圧力を発生する。

この特長は、

- (1) 軸は軸受から完全に浮上し、なめらかに回転するのでノイズがなく回転精度がきわめて高い。
- (2) 潤滑油で汚れないため清浄運転ができる。
- (3) 高温や極低温下で使用できる。
- (4) 無接触回転のため長寿命でベアリングレスが可能である。

このように優れた特長をもっているが、溝幅 $300 \sim 1,000 \mu\text{m}$ 深さ $5 \sim 10 \mu\text{m}$ の溝を均一に加工する量産技術がなかったので実用化が遅れていたものである。これは機械切削や転造では困難で3次元P・F法で解決された。

参考文献

- 1) 佐藤敏一；電解加工と化学加工（朝倉書店）
- 2) 橋本貴夫；図解フォトファブリケーション（総合電子出版）