

マイクロニードルの開発

— 精密電鋳について —

材料科 材料スタッフ 高木 誠* 増井裕久 田光伸也

Development of Micro-Needles for bio-technology and medical science

- Fine micro plate forming -

Makoto Takagi, Hirohisa Masui and Shinya Tako

1. はじめに

マイクロマシン(MEMS)技術は、医療・バイオ系にも利用が広がっている。昨年度研究で、グレーマスクを利用した三次元構造体のニッケル(Ni)電鋳による転写に取り組み、精密な電鋳手法を見出した。ポリジメチルシロキサン(PDMS)型による電鋳は、金属をMEMSに利用できるように期待が大きく、転写性向上のための表面処理は必須である。昨年カーボン微粒子(以下カーボン)を使用した導電化処理でPDMS上にNi電鋳を可能とした。従来の付き回り性に劣るスパッタ処理や部分コンタクトなどを用いた電鋳に対してカーボン導電化は優れている。しかし、カーボン塗布はスパッタと同じく狭隘な隙間などには入り込まず転写性が低い。そのため隙間にカーボン分散液を圧力で押し込み導通を確保した。その結果、隙間でカーボンが過剰となり、電鋳の造形表面が荒れて強度も劣った。

今年度はPDMS表面の親水化・導電化処理により電鋳の細密化・転写性を向上させ中空構造のニードル作製を実現可能とする事を目標とした。

2. 実験

2.1 母型への親水化処理の検討

まず、PDMS表面親水化を試みた。親水化すれば一般的な樹脂めっき法である無電解めっきの触媒付加が可能のため、幾つかの親水化処理法を試した。

最初に行ったのは紫外線(UV)照射である。表面にラジカルを生じさせ、無機・有機物一般に有効だがPDMSの親水性は向上しなかった。一方で表面劣化が激しかったため、PDMS表面改質は検討

から外した。

続いてPDMS表面に親水化剤の処理を行った。現在、市販・試用されている親水化剤の幾つかをPDMS表面に塗布した。しかし、親水化剤自体がPDMSに付着しないため親水化しなかった。表面エッチング作用のある親水化剤も表面が粗化した。

2.2 母型への導電化処理の検討

PDMS親水化は検討から外し、PDMS表面への導電性付加を検討した。カーボン以外の導電性微粒子塗布、導電性塗料塗布などである。

検討したのは、炭化ケイ素(SiC)、窒化チタン(TiN)微粒子である。SiC、TiN共に、高硬度、高耐久性で若干の導電性を持つ。このため、電鋳内に取り込まれても複合材料として高強度・高機能化が期待された。またSiC、TiNのような粉末利用の場合、粉体がPDMS表面に付着しやすい。従って、粉末をまぶすだけで導電化が可能で、表面は濡れやすくなる。また、粉末を隙間に付ける事も可能で、余分な微粒子は超音波洗浄などで取り除く事が出来る。

SiC粉末は平均粒径5 μ m、TiN粉末は平均粒径50nmを利用した。SiC、TiN粉末を塗布して電鋳を試みた結果、Niは析出しなかった。導電性塗料として利用したのは、ポリアニリン系の導電性高分子材料(日産化学社製:商品名 オルメコン)である。ポリアニリンは高い導電性を持ち、様々な溶媒に溶解する。ポリアニリンエタノール溶液をPDMS上に塗布し電鋳を行ったがNiは析出しなかった。しかし、ポリアニリンは隙間に入り込みやすく内部塗布が容易なため、カーボン塗布と組み合わせると、隙間内にも析出が広がる。隙間内はポリアニリンを

*) 現 富士工業技術支援センター

【ノート】

塗布、外側にカーボンを塗布する事で転写性良く電鍍を行う事に成功した。

3. 結果

カーボンとポリアニリン併用の電鍍が、図1である。表面状態が滑らかである。



図.1 Ni電鍍針 長さ500µm SEM観察像

また、この針形状の断面を観察したのが図2である。針の外径は80µm、内径40µmであり、十分な強度を持たせつつ中空構造とする事が出来た。



図.2 Ni電鍍針断面 SEM観察像

現在のプロセスは以下の通りである。

1. ポリアニリン溶液にPDMSを浸し、真空脱気と超音波攪拌により型全体に行き渡らせる
2. 十分に乾燥させ、再びポリアニリン溶液に浸す
これを型がポリアニリンで染まるまで繰り返す
3. PDMS表面にカーボン微粒子を塗布する
4. 電鍍を行う

電鍍のめっき溶液は一般的なスルファミン酸ニッケル浴である。電流条件は、初期は0.7~0.8Vでデューティ比10:1の矩形パルス状で電圧印加を行った。表面にNiが付き始めると電流量が増加するが、2 A/

dm²~3 A/dm²に達したところで、定電流で電鍍を行う。電流値が高いとNi膜の応力で剥離が生じやすい。また間隙に均一な電鍍が行われる前に塞がれてしまう。この条件で細部にまで行き渡るのは2時間ほどだが、カーボンやポリアニリンの付着具合で幅がある。電鍍が薄い場合、型から外した段階で破損するため、強度が出るよう電鍍を行う必要がある。

4. 考察

PDMSの親水化には成功しなかった。PDMS自体撥水性に優れ、親水性付加は困難である事が知られている。一方で、PDMSは粉体などを付着しやすい。この性質を利用した導電性付加の方が適当と判断し、SiCやTiNのような導電性粉末を利用したが、カーボン以外には電鍍に成功しなかった。この事は、導電性の問題ではなく、カーボンにはNi析出を促す「成長核」の役割がある事が予想される。より高い導電率のポリアニリン膜の利用でもNi析出が起きなかった事から類推される。だが、ポリアニリン被覆された型の間隙にはNi析出が起こる事から、導電性がNi析出の要因である事も伺える。現在の予想は、カーボンはNi析出時にNiを保持するのではないか、という事である。他材料もNiを析出させるが保持が出来ない。導電性部分にカーボンにより析出したNi膜の成長点があれば、そこからNi析出が進んでいくと予想する。

カーボンとポリアニリン塗布併用により付き回り性の高い中空構造が可能となった。現在、アスペクト比5で長さが500µm程度まで可能で、各所の開発するマイクロニードルと比べても遜色無い。

5. 今後の課題

今後の課題として、針自体の強度や鋭利の向上が必要である。また、医療等に用いるならば先端口が必要となる。幅広く実用化に向けた研究を進める予定である

参考文献

- 1) 入門新めっき技術 斎藤 圃, 本間 英夫, 山下 嗣人, 小岩 一郎 共著 工業調査会