

# めっきの密着性改善による微細構造体の作製 ～密着強度の評価方法について～

北 垣 寛\*<sup>1</sup>

## 【要 旨】

金属基板表面に100 $\mu$ mピッチに微細な凹凸構造物をニッケルめっきにより直接形成する射出成型用微細金型の加工法について、微細突起部と金属基板との密着強度の評価方法を検討したところ、微細突起部の形状を工夫することで、エポキシ系接着剤を利用した引張試験で、18MPa以下の密着強度の評価が可能であることが確認できた。

## 1 はじめに

MEMS、ナノインプリント等に用いられる微細成形金型には、ニッケル電鍍金型が多用される。この場合、ニッケル電鍍の厚さが薄いと電鍍金型の離型面のゆがみや耐久性が問題となるために厚くすることが必要であるが、電鍍時間が長くなり生産性が低下する点が問題となっている。また、ニッケル電鍍裏面の平面度も重要であり、電鍍後の研磨工程の追加が必要となる等の課題が残されている<sup>1) 2)</sup>。そこで、我々はこれらを解決する手段として、成形金型母材の表面に微細な凹凸構造物(以下、微細構造体という。)をめっきにより直接形成するUV-LIGA<sup>3)</sup>プロセスを検討してきた<sup>4)</sup>。当該加工方法において、ニッケルめっきによる複数の微細突起部と基板(成形金型母材)間の接合強度が射出成型加工に十分な耐久性があることを確認する必要があるが、このような微細金型の機械強度の定量的な評価方法に関する報告は少ない。そこで本報告では、エポキシ系接着剤を利用した引張試験による評価方法を検討したので報告する。

## 2 実験方法

### 2. 1 評価用の微細構造体の作製

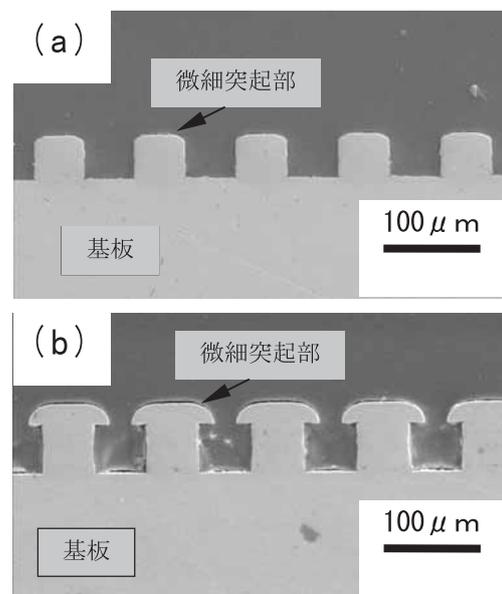


図1 作製した微細構造体の断面  
(a) 角型  
(b) 傘型

基板として、黄銅板(厚さ0.4mm)をアルカリ脱脂・酸浸せき後、スルファミン酸ニッケルめっき浴により下地ニッケルめっきを6 $\mu$ m析出させた(微細突起部がない部分は下地ニッケルめっきが表面となり成形樹脂の付着力低下の機能も果たす)。この下地ニッケルめっき上に厚さ47 $\mu$ mのネガ型フィルムレジスト(東京応化工業社TR450)

\* 1 応用技術室 主任

表 1 めっき浴組成とめっき条件

|             | 下地めっき : 微細突起部                             |
|-------------|---|
| スルファミン酸ニッケル | 375 g/L                                   |
| ホウ酸         | 30 g/L                                    |
| ラウリル硫酸ナトリウム | 0.3 g/L                                   |
| 浴温          | 50℃                                       |
| pH          | 4.5                                       |
| 電流密度        | 8 A/dm <sup>2</sup> : 10A/dm <sup>2</sup> |

を貼り付け、縦横50μmの正方形の格子模様（上下・左右100μmピッチ）のガラスマスクにより、フィルムレジストに開口部（電鍍型）を加工した。開口部の下地ニッケルめっき面にストライクめっき処理後、下地ニッケルめっきと同じ浴により、めっき時間を変えることにより析出高さ及び形状の異なる2種類の微細突起部を加工し、レジストを除去した。作製した微細構造体の断面のSEM像を図1に示す。図1(a)は、微細突起部の高さが45μmで先端部が角型になっているのに対して、図1(b)は、微細突起部の高さが70μmで、先端部が傘型になっていることがわかる。これはフィルムレジストの高さを超えてめっきが析出したためである。めっき浴組成とめっき条件を表1に示す。

## 2.2 密着性の評価

微細突起を形成した基板を10×10mmに切断し、Quad Group社の密着力評価用ピン（直径5.2mmの先端面にエポキシ系樹脂の接着剤が約50μm厚さに塗付されている。）を恒温炉内で95℃・1時間加熱保持することにより接着した。下地ニッケルめっき層と密着した約2,100個の微細突起部全体に対して、引張試験（装置：インストロン社製1112型）を行うことにより、微細突起部と基板との密着強度を評価した。作製した評価用サンプルの概念図（先端部角型）を図2に示す。なお、密着強度は、引張試験測定値を微細突起部の密着総面積

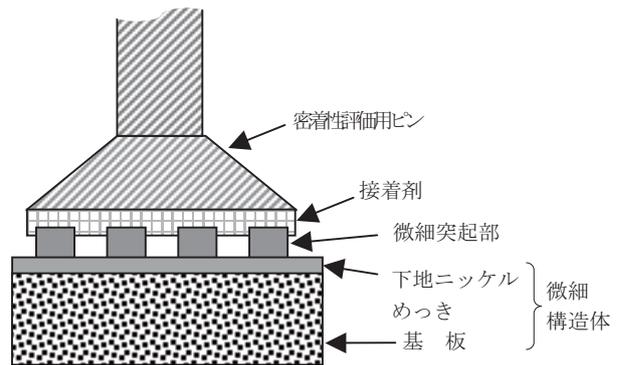


図 2 評価用サンプルの概念図

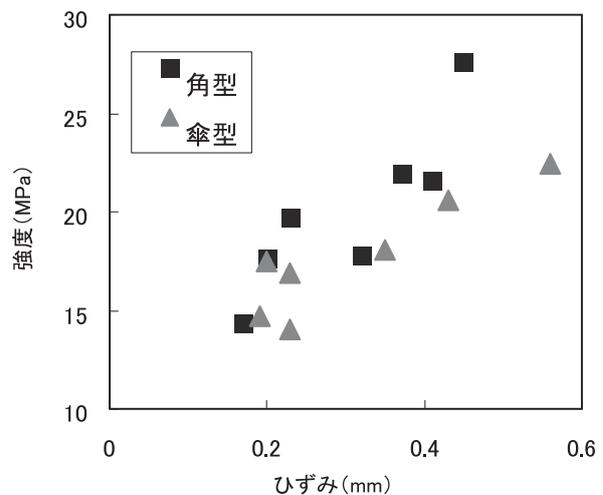


図 3 密着強度とひずみの関係

(5.3mm<sup>2</sup>) で除した値で定義している。

図3に引張試験（N=7）による密着強度とひずみとの関係を示す。微細突起部の形状が角型のものは、密着強度の最大値が28MPaであるのに対して、微細突起部の形状が傘型のものは、18MPaとなっている。これは、角型と傘型の各最大値を示した引張試験後の接着剤表面のSEM像（図4）から、微細突起部の形状が角型のものは、傘型のものに対して基板面からの高さが低いために、多くの接着部で接着剤が本来保持したい微細突起部以外の基板面にまで広がってしまったために引張強度が大きくなってしまったものと思われる。一方、密着強度の最小値については、角型も傘型もほぼ同じ14MPaとなっている。これは、傘型のものは、接着剤が基板面に広がることなく微細突起

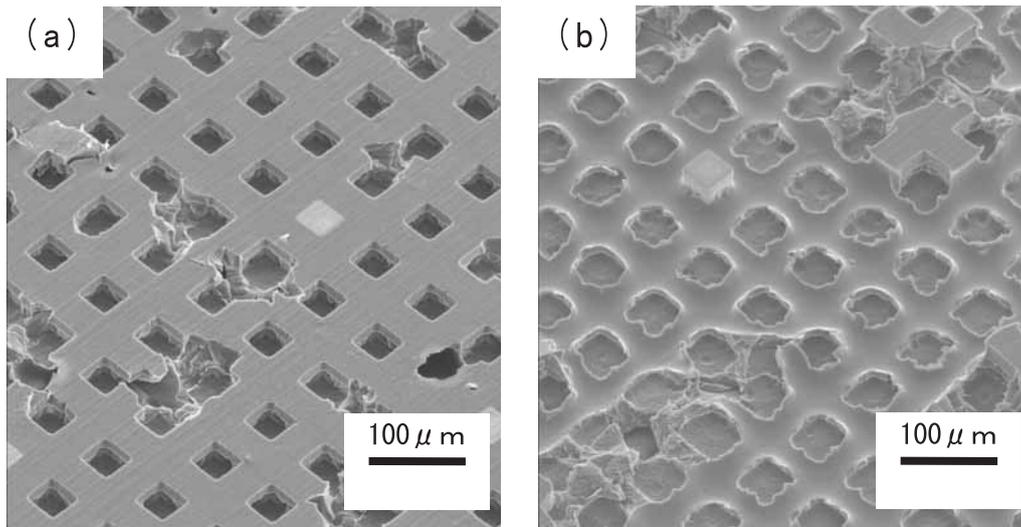


図4 引張試験後の接着剤表面のSEM写真  
最大の強度値を示したもの  
(a) 角型 (b) 傘型

部だけを保持しているにもかかわらず先端の傘形状部が接着剤中に巻き込まれことによって、より強固に微細突起部を保持したものである。

今回作製した評価用の微細構造体について、微細突起部の先端形状を傘型に加工することで、より正確に密着強度の評価ができることが確認できた。また、平均18MPaの垂直応力を掛けたところ、微細構造体は破壊しなかったことから、微細突起部と基板間の接合強度は、18MPa以上であることが確認できた。また、接合強度が18MPa以下の場合には、微細突起部と基板間が破断することにより、その密着強度を定量的に評価できる可能性が見出せた。加工方法等を検討する上での簡易な評価方法としては有効と思われる。しかし、電子機器の光学材料に利用されるメタクリル樹脂(PMMA)の引張破断強度(48~73MPa<sup>5)</sup>)と比較すると、さらに高強度での評価が必要であり、検討課題である。

### 3 結 論

金属基板表面に100 μmピッチに微細な凹凸構造物をニッケルめっきにより直接形成する射出成型用微細金型の加工法について、微細突起部と金属基板との密着性の評価方法を検討したところ、微細突起部の形状を工夫することで、エポキシ系接着剤を利用して、18MPa以下の密着強度の評価が可能であることが確認できた。

### (参考文献)

- 1) 小林道雄, 表面技術, 769 (2005)
- 2) 松井真二, 古室昌徳, ナノプリントの開発と応用, 120, (2005)
- 3) 樋口俊郎, マイクロマシン技術総覧, 406 (2003)
- 4) 北垣 寛, 宮内宏哉, 國松真也, 北田良二, 京都府中小企業技術センター技報, 34, 31 (2006)
- 5) 本間精一, プラスチックポケットブック (2003)