

# 低融点合金を用いた柔軟工作物用サポータの開発

## Application of Low Melting Temperature Alloys to Supporting Devices for Compliant Workpieces

80221831 岡本康宏 (Yasuhiro Okamoto) supervisor 青山藤詞郎 (Tojiro Aoyama)

### 1. 結論

剛性の高い工作物のフィクスチャリング(工作物の固定・位置決め作業)に比較して、柔軟工作物のフィクスチャリングは技術的に困難な点が多い。特に近年、半導体基板の加工、半導体基板への電子部品の組み付けなど、電気機器産業等の生産現場において柔軟部品の加工や組立を行う場面は非常に多い<sup>[1]</sup>。電子部品が装着済みの基板をフィクスチャリングする場合など、凹凸のある複雑な部品形状に対して、均等な固定・位置決めを比較的容易に可能とするフィクスチャの機能が求められている。特に、加工力による工作物の変形を抑制するデバイスであるサポータは、加工点の下部付近を支持しなければならない為、サポートのための平坦なスペースを確保できない場合が多い。そこで本研究では、柔軟部品の均等支持を容易に行うことが可能な、新しいサポートデバイスを開発することを目的とした。

本研究では、複雑な下面形状の工作物であっても、均等な支持を可能とするため、サポータに融点が100以下の低融点合金を利用することを考えた。

### 2. 低融点合金

本研究で使用した低融点合金は、融点47のUアロイ47(大阪メタル工場製)である。従来、低融点合金を利用した柔軟工作物の支持には、低融点合金に工作物を直接つけ込む方法<sup>[2]</sup>が採用されているが、加工後に、工作物に低融点合金が付着し、その除去作業に手間がかかることなどから、サポートデバイスの内部に低融点合金を封入し、工作物と低融点合金が直接接触しないような構造を考案した。

### 3. 考案したサポートデバイス

図1は本研究で考案した多点支持構造のサポートデバイスである。本デバイスによる柔軟工作物の支持方法を図2に示す。支持手順は、つぎのとおりである。

- a) 低融点合金を融解させる。低融点合金が融解したらピンの上下動が可能となる。
- b) 低融点合金が液体の状態では、工作物をサポータに配置する。
- c) クランプで工作物をクランプする。工作物の支持面形状に沿って、各ピンが整列する。
- d) 低融点合金を凝固させる。合金が固まりピンが固定されて工作物の支持を行う。

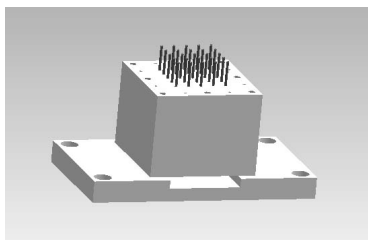


図1 多点支持型サポータ

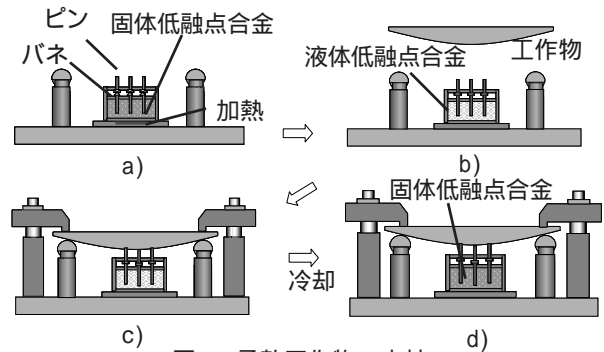


図2 柔軟工作物の支持

このように、本研究で考案したデバイスでは、低融点合金を凝固・融解させるために加熱・冷却を行うことから、熱変形による変形誤差について検討する必要がある。そこで、デバイスの考案にあたってあらかじめ有限要素法による構造の熱変形解析を行った。この解析結果をもとに熱変形の影響を最小限にとどめるような構造を設計し、多点支持型サポータを試作した。

### 4. 熱変形解析によるサポータの構造設計

有限要素法による変形解析においては、MSC. Software Ltd. 製のMENTAT2003(プリポストプロセッサ)、MARC2003(ソルバー)を使用した。

図3は多点支持型サポータ、積層タイプの解析モデルである。この解析モデルをモジュラーフィクスチャシステムのモデルに組み込み、図4の解析モデルで解析を行った。主な解析条件を表1に示す。

図5に解析結果を示す。積層タイプではベースプレート、低融点合金、ピン等の構成要素の熱変形が累積してしまい、工作物を支持するピン先端で最大65μm程度、z軸方向へ熱変位してしまった。また、熱源の熱がベースプレートを伝わり、工作物の位置決めを行うロケータの熱変位を誘発していることも確認できた。これらの結果から、図6に示すような上下方向の熱変位を相殺する構造の熱変形抑制タイプを考案し、図7に示す3種類の解析モデルで同様の熱変形解析を行った。熱変形抑制タイプの解析結果を図8に示す。積層

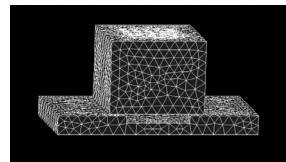


図3 積層タイプサポータ

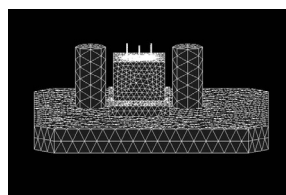


図4 積層タイプ解析モデル

表1 主な解析条件

初期温度		24
加熱	電力	47W
	時間	20min
冷却	方法	自然対流放熱
	雰囲気温度	24

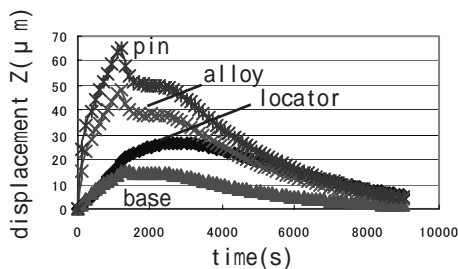


図5 積層タイプ解析結果

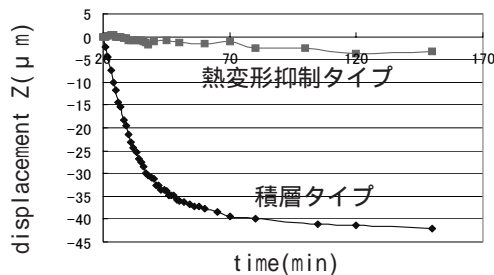


図9 ピン先端の熱変位 実験結果

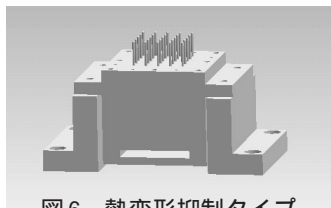
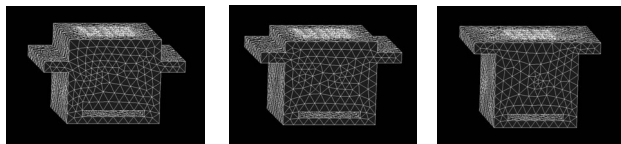


図6 熱変形抑制タイプ



(a)抑制タイプ47 (b)抑制タイプ57 (c)抑制タイプ67

図7 熱変形抑制タイプ解析モデル

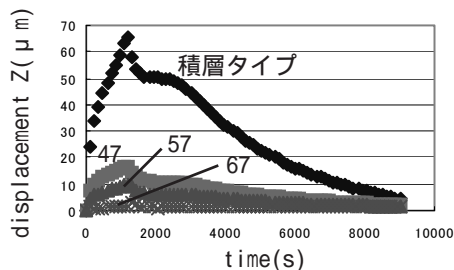


図8 熱変形抑制タイプ解析結果

タイプで65  $\mu\text{m}$ 程度であった熱変位を、抑制タイプ67では3.6  $\mu\text{m}$ 程度まで抑制することが可能となった。また、もうひとつの課題であったロケータの熱変位に関して、積層タイプでは27  $\mu\text{m}$ であったのに対し、熱変形抑制タイプでは3  $\mu\text{m}$ まで抑制することができた。これらの結果を受け、本研究では熱変形抑制モデル67の構造を採用した。

### 5. 多点支持型サポータの性能評価

#### a) 熱変位測定

設計時に行った熱変形解析の有効性を確認すべく、ピン先端の熱変位の測定を行い、評価を行った。加熱・冷却などの条件は、解析と同様にした。図9は加熱終了時からのピン先端のZ軸方向の熱変位を示している。熱変形抑制タイプでは熱変形による収縮量が3.6  $\mu\text{m}$ であったのに対し、積層タイプでは42  $\mu\text{m}$ もの熱変位をおこしていることがわかった。この結果により、本研究で行った熱変形対策が有効であったことが確認できた。

#### b) 加工力による工作物の変形の測定

サポータの主な機能である、加工力による工作物の変形の抑制を評価した。本実験では、加工力に見立て工作物表面におもりを乗せ、その影響による試料表面の形状の変化を測定した。測定対象を図10に示す。

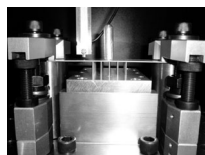


図10 測定対象

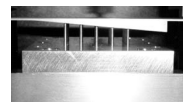


図11 斜面形状

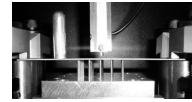
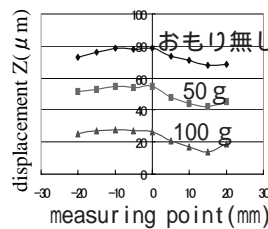
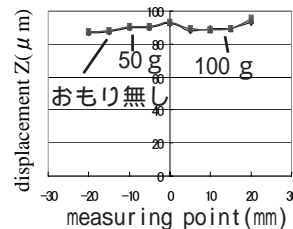


図12 おもり設置端



a) サポータ無し



b) サポータあり

図13 加工力による工作物の変形

図13に実験結果を示す。サポータを利用することで加工力による変形を1.5  $\mu\text{m}$ までに抑えることができた。同様の実験を工作物形状(図11)を変え、おもりの設置場所(図12)を変えて行った場合も、同様の結果が得られた。これらの結果から、サポータを用いることで加工力による柔軟工作物の変形を、高精度かつ広範囲に抑制することが可能であることがわかった。また、工作物形状によらず、均等に支持が可能であることも確認できた。

### 6. フローティングサポータの開発

本研究では、以上で述べた多点支持型サポータのほか、ピンの持上力に低融点合金の浮力を用いたフローティングサポータを開発した。フローティングサポータについても、構造と用いる材料を検討する事で熱変形の影響を抑制できることを示した。

### 7. 結論

本研究では、柔軟工作物の均等支持を容易に行うことが可能なサポータを開発した。設計に当たって、有限要素解析の結果をもとに熱変位を最小限に抑える構造を考案し、サポータの各部品に用いる材料を工夫した。この設計により、液体時の柔軟性と固体時の剛性を併せ持つ低融点合金を、一般的なサポータに利用することが可能となり、簡易な構造での薄肉柔軟工作物の均等支持を実現した。

### 参考文献

- [1] 小島東作, プリント基板設計の基礎と応用, 2003 p15, 森北出版株式会社
- [2] 小原治樹 渡邊隆洋, 3次元超薄板精密加工技術の開発, 2000, p74 ~ 75, 型技術協会