

## 調査研究報告書の要約

分類・テーマ別	・ 2		分類・業種別	8・1	
書名	平成 15 年度 MEMS・マイクロファクトリーの実用化に関する調査研究( ) - MEMS、マイクロファクトリー実用化研究会報告書 -				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会				
発行年	H16(2004)	頁数	128 頁	識別	15 研究交流 2

## [目次]

1. 緒言
2. 調査研究の概要
  - 2.1 調査研究の目的
  - 2.2 調査研究の内容と方法
3. マイクロファクトリーに関する研究開発の現状
  - 3.1 「加工機械」と「機械加工」のマイクロ化技術
  - 3.2 ナノテク支援のための 3 次元ナノ加工計測システムの開発と応用
  - 3.3 オリンパスにおけるマイクロ化技術の研究開発
  - 3.4 MEMS の現状、差別化するための鍵 - 材料とプロセス -
  - 3.5 マイクロファクトリー技術の意義・歴史と研究開発の現状
4. マイクロファクトリーへのニーズと課題
  - 4.1 電子部品製造から見たニーズと課題
  - 4.2 流体機械分野でのニーズと課題
  - 4.3 建設機械用コンポーネントから見たニーズと課題
  - 4.4 大型構造物製造の観点からのニーズと課題
  - 4.5 半導体実装装置から見たニーズと課題
  - 4.6 MEMS から見たニーズと課題 ( 1 )
  - 4.7 MEMS から見たニーズと課題 ( 2 )
  - 4.8 生産システムから見たニーズと課題
  - 4.9 装置インターフェースの観点からのニーズと課題
  - 4.10 製造現場における各種製造設備・装置の運転状況から見たニーズと課題  
( 製造現場に対するヒアリング調査結果のまとめと分析 )
5. まとめ
6. 参考資料 ( 活動記録：見学レポート )
  - 6.1 産総研見学報告
  - 6.2 オリンパス
  - 6.3 諏訪圏工業メッセ / DTF 研究会調査報告
  - 6.4 第 14 回マイクロマシン展報告

## [概要]

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)は、近年急速に発展してきた半導体微細加工技術を用いて、微小な機械部品と電子回路を集積した高性能かつ省エネ性に優れたシステムで、情報通信、医療バイオ、環境などの分野の基幹部品として高い成長性が期待されるとともに、新たな応用分野を切り開くキーテクノロジーとして注目されている。

また、「小さな物は小さな機械で作る」というマイクロファクトリーは、大型の工作機械に比べ加工精度の向上が見込めるほか、マイクロマシンなど最先端機器の製造や顧客の注文に応じて精密機器を「一品生産」する技術として注目されるとともに、設置スペースや消費エネルギー削減、環境負荷の抑制等で大きな効果が期待できる。

そこで、平成15年度に産業技術委員会の下部組織に「MEMS・マイクロファクトリー実用化研究交流会」を設置して、MEMS、マイクロファクトリー技術を製品サイズや作業者を考慮した製造装置のダウンサイジング化技術に適用し、省エネルギーや環境に優しいファクトリーを実現するための調査研究を実施した。

本年度の調査では、マイクロファクトリーを中心に研究現場の見学や有識者の講演を通じて現状を把握するとともに、大型機械への適用、MEMS製造装置、生産システム等の視点からマイクロファクトリーのニーズと課題を抽出した。また、製品とその製造装置の大きさの比率や製造装置の定格電力と実際の消費電力等の定量的な指標を用いて、どのような製造方法、製造装置にマイクロファクトリーの適用効果が大きいかについても調査した。

### 1. マイクロファクトリーへのニーズと課題についての調査結果

これまで、マイクロファクトリーを目指した製造装置の試作・製品化は切削加工や研削加工などの機械加工を行う装置が多い。一方、半導体プロセスは製造物に対して、極めて大きな製造設備・装置を用いており、マイクロファクトリーの概念を適用することによる様々な効果が得られるであろう分野である。

また、これらを生産システム全体の視点で、システムとして捉えてのニーズと課題も浮かび上がってきた。本報告書では、マイクロファクトリーへのニーズと課題について、(1)機械加工における将来形としてのマイクロ加工ロボット、(2)MEMSに代表される半導体プロセスのマイクロファクトリー化、及び(3)生産システム、の視点でまとめを行った。

#### (1) 大型機械等へのマイクロ加工ロボットの適用の視点

建設機械、造船、原子力プラント、航空機などの組立て加工産業や大型構造物製造現場では「熟練技能者不足の深刻化」と「作業の自動化」のスピード競争になっている。大型ではあるが、狭くい箇所加工、溶接、補修に関する作業は多く、これらにマイクロファクトリーのニーズが潜んでいる。建設機械用コンポーネントでも、通路内加工、閉空間内部で移動し溶接や内部加工を行うニーズがあり、位置認識、洗浄、電力送電など新たな課題もあるが、超小型ロボット群による知的共同作業システム等の革新的技術が実用化されることによって、更なる合理的生産システムが構築されることを期待したい。

#### (2) 半導体製造装置、MEMS製造装置の視点

半導体プロセスは、製造物の大きさに対して、極めて大きい製造設備・装置を用いている。この半導体製造設備を使ったMEMS応用製品の市場は拡大傾向にある。

現在のMEMS製造装置は、多品種変量生産に着目した小型化の検討が十分ではなく、MEMS生産におけるマイクロファクトリー化の道は遠い。しかしながら、個別生産に用いる微細加工機を開発期間の短縮を目的に活用することにより、既存技術を取り込みながら個別生産装置技術が発展する可能性がある。

また、MEMS製造装置の小型化は、クリーンルームの建設費用、ランニング費用を削減でき、MEMSデバイスのコスト削減に効果大である。

MEMSデバイスでは、パッケージコストの比率が高く、パッケージにもマイクロファクトリーのニーズが高い。特に、半導体実装装置は選択される工法によって、装置または生産ラインの仕様、規模に大きく影響してくるので、小型化した場合のクリーンルームの省スペース化、省エネルギー化への

効果は大きい。

様々な工程での、半導体装置の流用ではない装置開発が待たれる。

一方、マイクロ化学・生化学における分析システムや合成システム及び医療分野では、MEMS 技術によるマイクロポンプが必要である。その製造プロセスは半導体プロセスと共通のものである。マイクロ化を追求するとその製作手法は機械加工の領域を越え、半導体製造装置をベースにした MEMS 技術を大きく取り入れることになる。マイクロファクトリー概念を MEMS 製造装置に適用して、製造装置にどのような効果的な提案ができるか、今後の重要な課題である。

### (3) システム化の視点

製造装置のダウンサイジング化(マイクロファクトリー化)への取組みは、作業移動量が削減されることから、多能工性が高まる。また、製造装置のレイアウト自由度が増すことでライン配置の柔軟性と生産性の向上が可能となる。高齢化に伴う身体機能の低下(特に作業者の移動量)を補うことになるので、高齢者にやさしく個人差の影響を受けにくい作業者を中心とした作業環境を構築することができる。

システムの視点での装置間インタフェースも重要である。部品の受け渡し部分やユーティリティ接続部などの一層の検討による標準化仕様(例:ユーティリティのコネクタへの MEMS 技術適用による新形状コネクタ)が不可欠である。

## 2. マイクロファクトリー化への適用効果についての調査結果

これまでのマイクロファクトリーの試作事例は、その多くが切削加工や研削加工などの機械加工を行う製造装置を対象としたものであった。しかしながら、製造方法としては、この機械加工法以外にも様々な方法があり、これらの各種製造方法、製造装置の中で、どのような製造方法、製造装置が、最もマイクロファクトリー化の適用効果が大きいのかという点に関しては、未だ明確にはなっていない。

そこで、様々な種類の製品を実際に製造している企業の製造現場に対して、製品の形状、材質や、製品の大きさとその製造装置の大きさの比率、さらに製造装置の定格電力と実際の消費電力の比率など、以下の項目に関してヒアリング調査を行い、その結果に基づいて、各種製造方法の特徴と、どのような製造方法や製造装置が、最もマイクロファクトリー化の適用効果が大きいのかを、定量的に明らかにすることを試みた。

その結果、大局的には以下のようなことが言えるのではないかと考えられる。

- 1) 半導体プロセスは、製造物の大きさに対して、極めて大きさの大きい製造設備・装置を用いており、省スペース化、省資源化の上でのムダが非常に大きい。真空工程が多いため、多くの巨大な真空チャンバーが必要であり、それに伴って大きさが大きく大容量の真空ポンプが必要になることが、その要因の一つであろう。
- 2) 半導体プロセスでは、クリーンルームが必要不可欠であり、その運転のために、製造装置(本体+付属装置)よりも数倍ないし10数倍以上の大きな電力を必要とすることが多い。従って、半導体プロセスの省エネルギー化を図るためには、クリーンルーム内に設置する個々の製造設備・装置を極力小さくし、クリーンルーム全体の容積を少しでも小さく抑えることが必要である。
- 3) 以上のことから、半導体プロセスは、マイクロファクトリー概念を適用することによる省スペース化、省資源化、省エネルギー化(ムダ取り)に対する効果が非常に大きい製造方法であると言える。
- 4) しかしながら、現状の半導体プロセスの製造設備・装置の負荷率(定格動力と加工時の実際の消費電力の比)はかなり大きく、余裕度は少ない。従って、半導体プロセスの製造設備・装置の省エネルギー化を図るには、余裕度を削って負荷率をさらに上げることには限界があるため、定格電力(消費電力)そのものを原理に立ち返って根本的に小さくする方法、手段を講ずることが必要になるものと考えられる。この方法、手段を開発することが、今後の大きな研究課題であると言える。
- 5) マイクロファクトリー化による省スペース、省資源、省エネルギー化を達成するに当たっては、製造設備・装置の本体のみならず、むしろ付属装置に対する配慮が重要になる場合が多い点に注意を要するであろう。