

2011 年度 財団法人交流協会フェローシップ事業 成果報告書

成果報告書

国立台北科技大学 製造科技研究所

許東亜

招聘期間（2012 年 1 月 9 日～2 月 7 日）

2012 年 3 月

財団法人 交流協会

Abstract

This short-term research report describes a testing process to measure the gluing strength of micro gall ball-ended styli tips which was widely used on micro CMM's probing head. With combination vibration PZT stage and CCD image system, it is possible to observe the detachment phenomena of the styli with high frequency vibration 3KHz.

However, the gluing strength and evaluation of gluing process are still unclear. This research project collaborated with Prof. Kunieda, Univ. of Tokyo, to investigate the assembling gluing strength of micro glass spherical stylus tips. From the experimental results, the micro glass ball-ended styli tip is still attached on the micro tool even at high frequency and amplitude 3KHz and 2 μ m, respectively.

1. 緒 言

最近、工業製品における部品の微細化・高精度化が急激に進んでいる。このような状況にあつて、高精度なマイクロ加工法だけでなく、その微細部品の測定方法を開発するのが重要な課題となっている。より高精度な測定は組み立てのみならず、品質管理、保証の重要な手法である。このような微細部品の外観、相対位置、寸法、プロファイなどを測定するには、三次元測定機（CMM）は不可欠の重要な測定機である[1, 2, 3]。一方、市販の接触球プローブが大きいので、従来の CMM は半導体製品及びサブミリの微細部品の測定するのはなかなか困難である。従つて、より小さい部品の正確に測定するには、マイクロ CMM の測定技術の開発が重要となっている。

マイクロ CMM の測定技術を実現するのに、高精度の位置制御だけでなく微細球プローブを成形しなければならない。従来の成形方法は直径 125 ミクロン以下の微細球プローブの成形が不可能である。このため、筆者は数年前にワイヤ放電研削法（WEDG）と単発放電加工法（OPED）を併用して、直径 60 ミクロンの超微細球プローブを成形することが成功した[4, 5, 6]。一方、瞬間のエネルギーで成形した微細球プローブの真円度や芯ズレなどは大きいので、小型 CMM の接触球プローブとして不向きである。そこで、微細放電加工技術を用いてガラス微細球プローブのアセンブリの方法を筆者が開発した。しかし、アセンブリの状況、粘着力及び球プローブの芯ズレなどがはっきり把握していない。

そこで、本短期研究は東京大学の国枝教授と共同研究し、微細ガラス球プローブの粘着状況及び芯ズレなどを究明する。また、その微細ガラス球プローブは小型 CMM 用の接触プローブへの実用性を検討する。

2. 短期研究の実施した内容

2.1 台北科技大学で実施した研究内容

台北科技大学で実施した粘着アセンブリの内容は図 1 に示されている。ワイヤ放電研削を用いて微細放電加工機上で、直径 0.07mm 以下の微細ガラス球プローブのアセンブリ方法を提案した。粘着剤を用い微細放電加工機上で微細ガラスボールを微細工具の前段に接着し、球プローブのアセンブリを成功した。微細放電加工機上でのアセンブリのプロセスは図 1 に示されている。同手法で粘着した球プローブの外観は図 2 に示されている。図からわかるように、ガラス球の表面は滑らかな状態である。本手法でアセンブリした微細ガラス球プローブはマイクロ CMM に最適な接触プローブであると考えられる。また、イギリス国立物理研究所（NPL）の測定部門は微細ガラス球プローブを採用して、マイクロ CMM（Carl Zeiss F-25）に装着し微細部品の測定実験を行い始めた。

アセンブリの粘着プロセスが開発され、微細ガラス球プローブの粘着に成功したが、粘着パラメータ、粘着力、ガラス球プローブの芯ズレなどが明らかになっていない。このため、東京大学の国枝教授と共同研究し、台北科技大学で組み付けたプローブを用いて、アセンブリの状況を解明し、小型 CMM の接触プローブへの実用性を検討する。

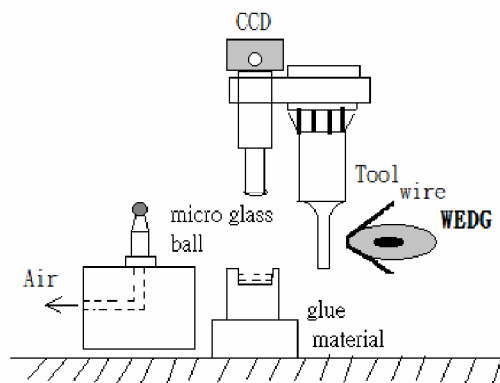


図 1. 微細球プローブのアセブリ粘着プロセス

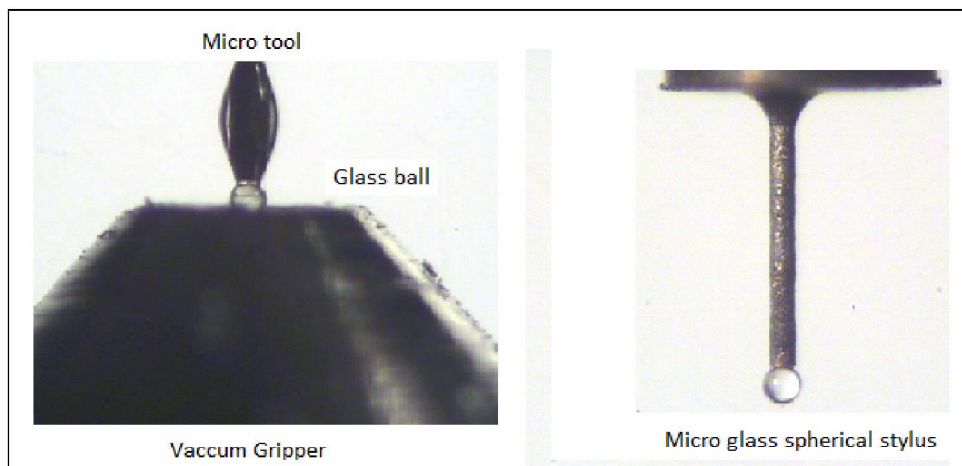


図 2. 粘着した微細ガラス球プローブの外観

2.2 実験装置の仕組み

本短期研究で東京大学の国枝研究室の PZT 発振器を使用し、微細ガラス球プローブをステージの上に装着する。また、垂直側は手動ステージを用い、タッチプローブが上に固定されている。工具顕微鏡の下で、発振状況を確認し、微細球プローブとタッチプローブの接触状況を観察する。実験装置は図 3 に示されている。

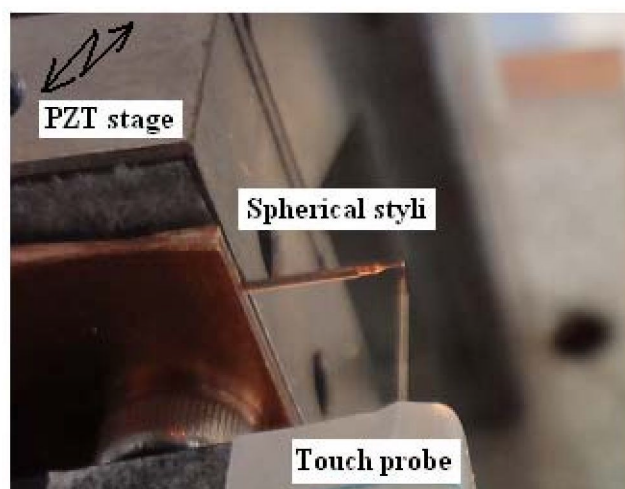


図 3. 実験装置の概観

2.3 PZT ステージの振幅と周波数

PZT 発振ステージを使用する前に、振幅と周波数の関係を調べた。ギャップセンサーを用いて振幅と周波数の特性を測定した。その結果は表 1 に示している。

表 1. 本研究 PZT ステージの特性

入力周波数 (Hz)	入力電圧 (V)	ステージの振幅
10	120	10 μm
20	120	10 μm
30	120	10 μm
40	120	10 μm
50	120	8 μm
60	120	7 μm
80	120	8 μm
90	120	8 μm
100	120	8 μm

表 1 から分かるように、PZT ステージの入力電圧が一定した場合、振幅が入力周波数の増加に伴いやや落ちる。一方、本研究では微細球プローブの粘着力が小さいため、入力電圧が小さく設定しなければならない。従って、ステージの入力電圧が 30 ボルトを設定した。周波数は 10Hz～3KHz の範囲で変化させ、再びギャップセンサーを用いて振幅を測定した。ステージの振幅は約 1.5～2.0 μm となっている。この条件で微細球プローブを振動させ、タッチプローブを動かし接触させた。

3. 実験結果

3.1 周波数により微細ガラス球プローブの脱利状況を解明する

微細球プローブをステージに固定され、振幅約 2.0 μm で振動させた。手でタッチプローブを動かし、微細球プローブと接触した。同じ振幅で周波数を変えて、接触瞬間の状況を観察した。剥離状況を表 2 に示した。

表 2 周波数により微細球プローブの剥離状況

周波数 (KHz)	PZT 入力電圧	振幅 $\langle \mu\text{m} \rangle$	剥離状況
0.5	30 V	2.0	○
0.75	30 V	2.0	○
1	30 V	2.0	○
1.5	30 V	2.0	○
2.0	30 V	2.0	○
2.5	30 V	2.0	○
3.0	30 V	2.0	×剥離

表 2 から分かるように周波数がある程度以上になった場合、微細球が剥離しはじめた。また、タッチプローブが押し続けると微細ガラス球が完全に分離した。本短期研究では、東京大学の国枝研究室の高速ビデオを用いて、接触瞬間の状況を撮影した。図 4 に示すように、球プローブが 3 KHz の高周波数でタッチプローブと接触したら、微細球が剥離しはじめたことが分かった。

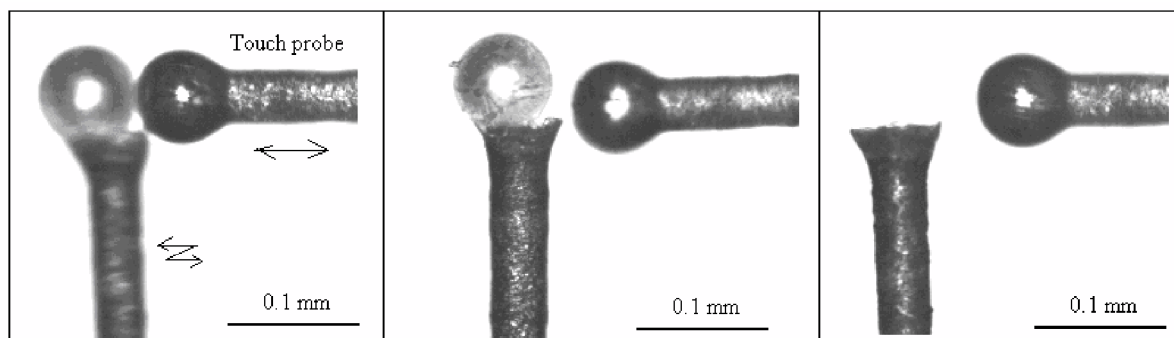


図 4. 微細球プローブが剥離した状態

3.2 単発放電による金属球プローブと比較[7]

本短期研究では、微細球プローブの粘着力の実験だけでなく、単発放電により金属球プローブの剥離状況をも観察した。粘着プローブと違って、金属プローブが一体成型したので強い剛性を持っている。従って、図 5 に示すように高周波数で金属球プローブを振動させても剥離状態が見られない。

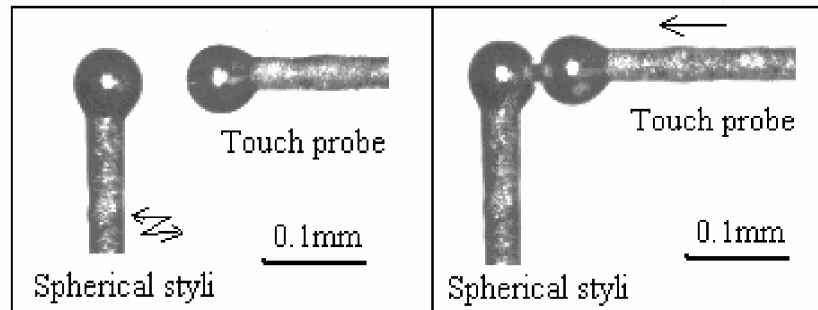


図 5. 金属微細球プローブが高周波数でも剥離しない

4. まとめ

本短期研究を利用して、粘着した微細球プローブの接触力を測定し、また剥離状況を観察した。振幅が $2\mu\text{m}$ 、周波数が 3kHz を超えた場合、球プローブが測定物に接触すると微細球が剥離する可能性があることが分かった。一方、瞬間接触力が物理的に計算が可能であるが、実際に微力センサーを用いて瞬間接触力を測定することが困難であるため、今回の実験では行っていない。また、高周波の振幅で微力測定機の反応速度が大きな問題点である。微細球プローブが 3 次元測定機の中に重要な役を占めている。より高精度な微細部品を測定するために、高品質な微細球プローブが必要だけでなく、測定瞬間のプローブの変形が小さくしなければならない。今後、本短期研究の実験結果に基づいて、微細球プローブを小型 CMM に装着し実際に微細部品を測定する必要がある。また、球プローブの接触瞬間の状況だけでなく、感知メカニズムなどの研究がマイクロ CMM 測定機の大きな課題である。

参考文献

- 1) H.N. Hansen, K. Cameiro, H. Haitjema and L. De. Chiffre: Dimensional Micro and Nano metrology Annals of the CIRP Vol. 55/2/2006 pp.721-743
- 2) A.Weckemann, T. Estler G. Peggs and D. McMurtry : Probing System in Dimensional Metrology Annals of the CIRP Vol. 53/2/2004 pp.657-683
- 3) H. Schwenke, F. Waldele, C. Weiskirch and H. Kunzmann : Opto-Tactile Sensor for 2D and 3D Measurement of Small Structure on Coordinate Measuring Machines Annals of the CIRP Vol. 50/1/2001 pp.361-364
- 4) Dong-Yea Sheu*, Chao-Chuang Mai, Jui-Kuan Lin: Investigation ultra micro spherical stylus forming behaviors by one pulse electro discharge Proceedings of Asian Electrical Machining Symposium '07 PP. 180-185 Nagoya, Japan. Nov.28-30 2007
- 5) T.Masuzawa, M.Fujino, K.Kobayashi: Wire electro-discharge grinding for micro machining, Annals of the CIRP,34,1(1985)
- 6) Dong-Yea, Sheu: Micro spherical Probes machining by EDM Journal of Micromechanical and Microengineering 15 (2005) pp.185-189
- 7) K. Takamasu, S. Takahashi, M. Abbe, R. Furutani: Uncertainty estimation for coordinate metrology with effects of calibration and form deviation in strategy of measurement, Meas. Sci. Technol. 19 (8), 2008, 084001