

Run-to-Run Control을 이용한 미세 채널의 MR 유체 연마의 공정제어

이승환*(연세대 대학원), 김육배(연세대 자동차 기술연구소),
민병권, 이상조(연세대 기계공학부)

주제어 : Run by Run control, Full model update, Magneto-rheological Fluid(자기유변유체),
Micro channel(미세 채널), precision polishing(정밀연마), Fine abrasive polishing(입자연마).

MR유체를 이용한 연마방법은 정밀 연마방법에서 사용하고 있는 새로운 연마기술이다. MR유체는 자성체인 자성입자와 비자성체인 콜로이드 용액으로 구성되어 있다. MR유체를 사용하여 구면 유리 렌즈나 S₃N₄ 볼 베어링의 연마에 사용되고 있으며, 이에 대한 연구가 계속되고 있다.

본 연구에서는 이러한 MR유체를 이용한 연마방법을 실리콘으로 만들어진 미세 채널의 연마에 활용하고자 한다. 그러나, 이러한 연마에 사용되는 MR유체는 그 실험의 재현성에 있어서 여러 문제가 있다. 이를 보완하기 위해서 MR유체를 사용한 연마방법에 Run by Run Control 방법을 적용하여 고발열체의 히트싱크(Heat sink), 첨단 바이오 산업에서 혈액의 성분을 파악하는 미세 채널 시스템(Micro blood-channel system), 미세 펌프(Micro pump)에 사용되어 활발한 연구가 진행중인 미세 채널(Micro channel)을 Run by Run Control 방법의 적용으로 본 연구의 목적인 미세 채널의 뭉개짐을 해결하고 미세 채널의 밀면과 옆면의 좋은 표면품위를 얻는 것을 본 연구의 목적으로 하였다.

미세 채널은 Bulk micro machining의 이방성 에칭기술을 이용하여 실리콘 결정방향이 (100)인 웨이퍼를 사용하였다. 제작된 미세 채널은 (100)웨이퍼의 결정의 방향성 때문에 채널의 벽면은 밀면과 54.74°의 각을 이루고 미세 채널의 폭은 200 μ m, 채널의 두께는 150 μ m, 채널의 높이는 50 μ m로 제작하였다.

Run by Run Control 방법을 적용시키기 위해서 기초실험을 하였으며, 기초실험을 통해서 미세 채널의 제거율(뭉개짐)과 표면거칠기에 강하게 영향을 미치는 파라미터로 연마의 상대속도와 연마 시간이 결정되었다. 각각의 다항 곡선 모델은 Run by Run controller에 적용시키기 위해서 선형화 시켰으며, 0.5인 가중치 상수는 제거율에 사용되었고, 표면거칠기를 위해서는 0.3의 가중치 상수가 사용되었다. 본 실험에서는 부분 모델 업데이트보다 drift가 훨씬 더 효과적으로 보상되는 것을 볼 수 있는 전체적인 모델 업데이트 방식을 사용하였다. 기초실험의 데이터를 바탕으로 Target 값을 결정하였다. Target 값은 채널의 제거율을 5 μ m로 선정하였으며, 채널의 표면 거칠기는 10nm로 결정하였다.

다음 Fig. 1과 Fig. 2에서와 같이 Target값 범위 내에서 수렴함을 알 수 있었다. Removal Rate의 경우 초기의 5 μ m이하로 Target값 범위 내에 들어옴을 확인할 수 있으며, Surface Roughness의 경우 Target값 범위인 0.01 μ m~0.02 μ m의 범위 내에서 값이 변화하면서 매 실험을 거쳐 전체모델 업데이트를 통해 최종 Target값인 0.01 μ m에 수렴함을 알 수 있었다.

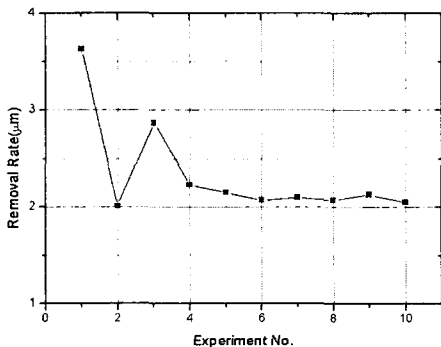


Fig. 1 Full model update
- Output by Removal rate.

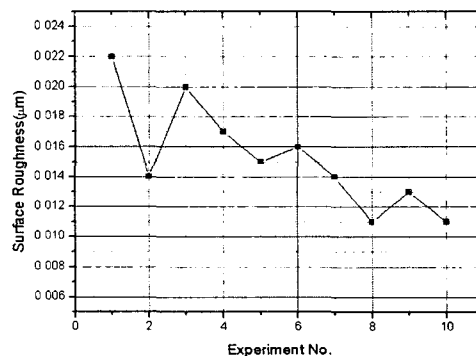


Fig. 2 Full model update
- Output by Surface Roughness.