

# PCB 생산을 위한 마이크로 드릴링 공정의 에너지 분석

## Analysis of energy consumptions in micro drilling for PCB manufacturing

\*윤해성<sup>1</sup>, 문종설<sup>1</sup>, 팜민관<sup>1</sup>, #안성훈<sup>1,2</sup>

\*H. S. Yoon<sup>1</sup>, J. S. Moon<sup>1</sup>, M. Q. Pham<sup>1</sup>, #S. H. Ahn(ahnsh@snu.ac.kr)<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 기계항공공학부, <sup>2</sup>서울대학교 정밀기계설계공동연구소

Key words : Energy consumption, Energy saving, Life span, Micro-drills, Printed circuit board

### 1. 서론

자원의 고갈과 더불어 에너지 절감 및 친환경 제품에 대한 정부와 소비자의 인식이 달라지며, 거의 전 분야에서 강도 높은 에너지 절약이 요구되고 있다. 이러한 높아져 가는 에너지 절감 요구에 효과적으로 대응하기 위해서는 특정한 하나의 공정에 집중하는 것보다 전체 공정에서 자재 및 에너지 소모의 통합적인 고려가 필요하다 [1].

한편 공정에 따라 유용하게 사용되는 에너지의 비율이 다소 달라지는데, 일반적으로 마이크로 스케일 공정에서는 매크로 스케일 공정에 비하여 같은 크기를 기준으로 더 큰 비절삭 에너지 값을 가지나[2], 그 절대적인 수치가 대단히 작아 가공 에너지가 전체 에너지 소모에서 차지하는 비율은 오히려 작으므로 더욱더 통합적인 고려가 요구된다.

일반적인 기계에서 생산 전략에 따른 에너지 요소 분석은 Gutowski [3], Mouzon [4] 등에 의하여 이루어진 바 있으나 마이크로 스케일의 공정에서 에너지 요소 분석 및 절감 전략이 연구된 바는 없다.

본 연구에서는 IT 산업 외의 다양한 산업분야에서 넓은 비중을 차지하고 있는 중요한 구성요소인 인쇄회로기판(Printed Circuit Board, PCB) 생산을 위한 마이크로 드릴링 공정의 에너지 요소를 분석하였다.

드릴링 공정의 에너지 요소를 분석하고 in feed 와 chip load 를 변수로서 드릴링 시에 소모되는 에너지를 관찰하였다. 또한 소모되는 에너지를 가공 톨의 수명에 따라 봄으로써 각 순간마다 최적의 값을 찾고자 하였다.

### 2. 실험장비의 구성

분석에 사용된 실험장비는 스피들(D1733, Westwind Air Bearings, UK)과 3 축 스테이지(Justek Inc., Korea)로 구성되었으며, 아래 Fig. 1 에 나타내었다. 실험에는 산업현장에서 가장 일반적으로 쓰이는 직경 400 마이크로미터의 드릴을 사용하였으며, 모재는 entry board (LE800), 두께 1.6 mm 의 Copper Clad Laminate (CCL) 3 장, back-up board (wood)를 차례대로 겹쳐 사용하였다.

가공 조건으로는 in feed 와 chip load 를 선정하여 3 수준으로 실험하였다. 이때 회전속도는 in feed 와 chip load 값으로부터 계산되는 종속변수이며, 아래의 Table 1 에 가공 조건과 수준을 각각 나타내었다.

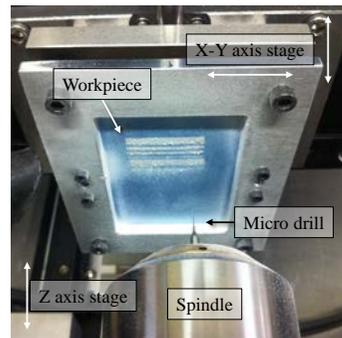


Fig. 1 Hardware configurations of drilling system

Table 1 Drilling condition variables

Variables	Level 1	Level 2	Level 3
In feed (mm/s)	35	40	45
Chip load (μm/rev)	23.33	26.67	30.00

### 3. 실험 결과

실험 시 스피들과 스테이지의 에너지를 소모를 전력량계(SK-PM200, Seon Kwang System Co., Korea)를 이용하여 측정하였다. 아래의 Fig. 2는 in feed와 chip load 조건에 따른 에너지 소모를 사용된 공구의 수명에 따라 나타낸 것이다. 사용된 직경 400 마이크로미터 드릴의 경우 일반적으로 2,000 타마다 재연마를 하며, 결과를 각 500 타 가공 구간 안에서 소모된 에너지를 평균하여 나타내었다.

결과를 보면 에너지 소모는 일반적으로 in feed가 낮을수록 크다. In feed가 낮을수록 같은 chip load 조건에서 회전속도가 높고 이송속도가 빠르기 때문에 순간적인 에너지 소모치는 높으나, 이 경우에 가공에 소요되는 시간이 크게 짧아져 전체 에너지 소모가 작아짐에서 기인한 결과다.

타수에 따른 변화를 보면 에너지 소모는 가공 타수가 증가함에 따라, 즉 공구의 마모가 증가함에 따라 크게 증가하며 500 타에서 1,000 타 정도까지 급격하게 증가하였다 후에 완만하게 증가하는 추세를 보여준다. 이는 일반적인 마이크로 가공에서 공구의 마모 증가 추세와 유사하다.

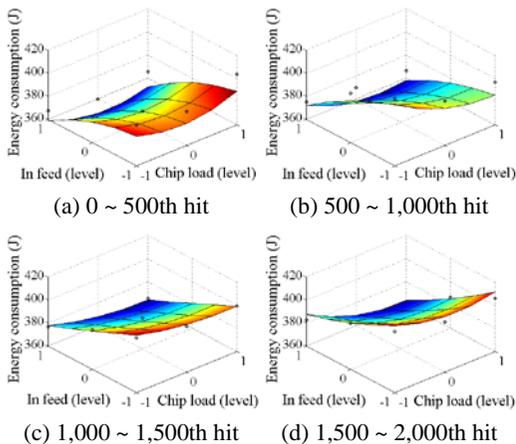


Fig. 2 Averaged energy consumption results accomplishing for one hole drilling in terms of in feed and chip load during tool life

### 4. 결론

본 연구에서는 인쇄회로기판 생산을 위한 마이크로 드릴링 공정의 에너지 요소를 분석하였다. 가공 조건을 변수로써 소모되는 에너지의 특성을 분석하였고 툴의 수명에 따라 에너지 소모의 변화를 관찰하였다.

관찰 결과, 순간적인 에너지 소모는 가공 조건에 큰 영향을 받으나 소모 시간 또한 고려하여야 하며, 수명에 따른 에너지 소모는 사용된 공구의 마모와 밀접한 관련이 있다.

### 후기

본 연구는 서울대학교 BK21 사업과 2011년도 정부(지식경제부)의 재원으로 한국생산기술연구원 (No. 2010-TD-700203-001)과 ㈜네오티스 (No. 100110-2)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Yoon, H.S., Bhandari, B., Moon, J.S., Kim, C.S., Lee, G.B., Park, K.W., Song, C.K., and Ahn, S.H., "Energy Analysis of Micro-drilling Process used to Manufacture Printed Circuit Boards," Proceedings of the 19<sup>th</sup> CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Berkeley, CA, USA, May 23-25, 305-309, 2012.
2. Liu, K., and Melkote, S.N., "Finite element analysis of the influence of tool edge radius on size effect in orthogonal micro-cutting process," Int. Journal of Mechanical Sciences, **49**, 650-660, 2007.
3. Gutowski, T., Murphy, C., Allen, D., Bauer, D., Bras, B., Piwonka, T., Sheng, P., Sutherland, J., Thurston, D., and Wolff, E., "Environmentally benign manufacturing: Observations from Japan, Europe and the United States," Journal of Clear Production, **13**, 1-17, 2005.
4. Mouzon, G., Yildirim, M.B., and Twomey, J., "Operational methods for minimization of energy consumption of manufacturing equipment," Int. Journal of Production Research, **45**:18-19, 4247-4271, 2007.