

레이저 가공과 전해 에칭을 이용한 미세 핀 배열의 가공 및 응용

Fabrication and application of micro pin array using laser beam machining and electrochemical etching

*이세원¹, #신홍식¹, 김한¹, 정도관¹, 주종남¹

*S. W. Lee¹, #H. S. Shin(shinhs05@snu.ac.kr)¹, H. Kim¹, D. K. Chung¹, C. N. Chu¹

¹서울대학교 기계항공공학부

Key words : Micro pin array, Laser beam machining, Electrochemical etching

1. 서론

다양한 로봇 연구 분야 중 수직 벽 등반 능력을 갖춘 로봇의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 기존에 개발된 수직 벽 등반 로봇은 흡착기, 자기력, 접착성 물질 등을 이용하는 것으로 제한되었다. 그러나, 최근에는 Van der Waals 힘을 이용한 로봇이나 곤충의 미세한 발톱을 모사하여 등반하는 로봇이 개발되었다.¹⁻⁶ 특히, 곤충을 모사한 로봇은 다른 방식과 달리 거친 표면을 갖는 벽면의 등반이 가능하며, 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

곤충의 발톱을 모사한 로봇은 발톱의 끝 부분이 벽 표면에 있는 돌기 사이에 파고 들어 표면에 부착된다.⁷ 이 때의 부착 능력은 발톱의 직경, 길이, 발톱 끝의 반경, 등반 대상인 수직 벽의 표면 거칠기, 발톱과 벽의 접촉각 등에 의해 결정된다.⁶ 특히 발톱 끝의 직경이 작고, 발톱의 개수가 많을수록 부착 능력은 향상된다.

본 논문에서는 레이저 빔 가공(laser beam machining)과 전해 에칭(electrochemical etching)을 이용하여 금속 표면에 미세 핀 배열을 가공하였다. 또한 가공한 금속 표면을 수직 벽에 부착하여 로봇에 적용 가능성을 확인하였다.

2. 미세 핀 배열의 가공

미세 핀 배열을 가공하기 위하여 fig. 1 과 같이 레이저 빔 가공을 통해 넓은 면적에 핀

배열을 가공한 후 전해 에칭을 통해 각 핀의 직경을 줄였다. Table 1의 조건으로 가로 3 mm, 세로 3 mm, 두께 0.5 mm 스테인리스강 표면에 레이저 빔 가공과 전해 에칭을 수행하였다.

핀의 끝 직경이 미세할수록 수직 벽 표면의 더욱 작은 돌기에서도 힘을 발생시킬 수 있기 때문에 부착 능력을 향상시킬 수 있다. 나노 초 펄스를 갖는 레이저 빔 가공을 한 결과 fig. 2와 같이 핀 끝의 반경(r)은 약 15 μm 이고, 길이는 약 250 μm 이다. 나노 초 레이저 빔 가공은 속도가 빠르지만, 핀의 직경을 줄이는데 한계가 있다. 이러한 단점 보완을 위해 레이저 빔 가공 후 Fig. 3과 같이

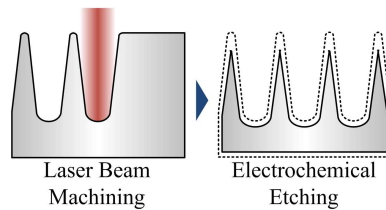


Fig. 1 Systematic diagram of micro pin array fabrication

Table 1 Machining conditions

	Average power	3W
Laser Beam Machining	Repetition rate	20 kHz
	Scan speed	258.6 mm/s
	Number of scan	200 times
Electrochemical Etching	Electrolyte	1 M H ₂ SO ₄
	Applied voltage	5.1 V (DC)

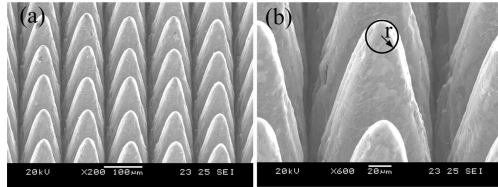


Fig. 2 (a) micro pin array machined by laser beam and (b) enlarged view of micro pin

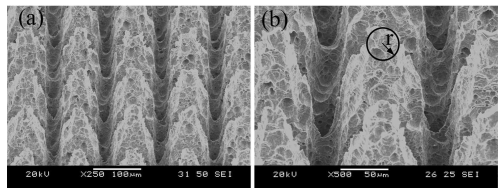


Fig. 3 (a) Micro pin array after electrochemical etching and (b) enlarged view of micro pin

전해 에칭을 수행 하였다. 그 결과 핀의 끝 반경(r)이 $10 \mu\text{m}$ 이하인 핀 배열을 가공할 수 있었다.

Fig. 4 에 보이는 바와 같이, 미세 핀이 가공된 시편은 표면 조도 R_a $3.941 \mu\text{m}$ 를 갖는 수직 벽에 부착이 가능하였다. 그러나 미세 핀이 가공되지 않은 시편은 수직 벽의 표면에 있는 돌기 사이에 파고 들 수 있는 핀이 없기 때문에 부착되지 않았다.

3. 결론

본 연구에서는 레이저 빔 가공을 이용하여 금속 표면에 핀 배열을 가공하였고, 전해 에칭법을 통해 가공한 핀의 끝 반경을 감소시켰다. 이러한 방식을 통해 미세 핀

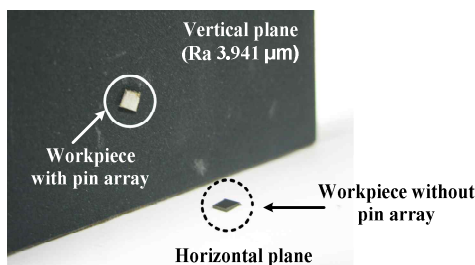


Fig. 4 Adhesion test on vertical plane

배열이 가공된 금속 표면은 수직 벽에 부착할 수 있음을 확인 하였고 이는 수직 벽 등반 로봇에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0001201).

참고문헌

1. La Rosa, G., Messina, M., Muscato, G., Sinatra, "A low-cost lightweight climbing robot for the inspection of vertical surfaces," *Mechatronics*, 12(1), 71-96, 2002
2. Balaguer, C., Gimenez, A., Pastor, J. M., Padron, V. M., Abderrahim, "A climbing autonomous robot for inspection application in 3D complex environment," *Robotica*, 18, 287-297, 2000
3. Daltorio, K. A., Gorb, S., Peressadko, A., Horchler, A. D., Ritzmann, R. E., and Quinn, "A Robot that Climbs Walls using Micro-structured Polymer Feet," *International Conference on Climbing and Walking Robots*, 3, 131-138, 2006
4. S. Kim, M. Spenko, S. Trujillo, B. Heyneman, D. Santos, M. Cutkosky, "Smooth vertical surface climbing with directional adhesion," *IEEE Transactions on Robotics*, 24(1), 65-74, 2008
5. M. J. Spenko, G. C. Haynes, J. A. Sanders, M. R. Cutkosky, Alfred A. Rizzi, R. J. Fullzz, Daniel E. Koditschek, "Biologically Inspired Climbing with a Hexapedal Robot," *Journal of Field Robotics*, 25(4-5), 223-242, 2008
6. S. Kim, A. Asbeck, M. Cutkosky, W. Provancher, "Spinybot II: Climbing hard walls with compliant microspines," *IEEE International Conference on Advanced Robotics*, 601-606, 2005
7. Zhendong Dai, Stanislav N. Gorb, Uli Schwarz, "Roughness-dependent friction force of the tarsal claw system in the beetle *Pachnoda marginata* (Coleoptera, Scarabaeidae)," *Journal of Experimental Biology*, 205, 2479-2488, 2002