

사각뿔/원뿔 형상의 마이크로 니들 가공 기술 개발

최규완¹ · 장성호[†]

가온솔루텍^{1,†}

The Development of a machining technology on the micro needle pattern with a quadrangular pyramid or cone shapes

Kyu-Wan Choi¹ · Sung-Ho Chang[†]

Gaon Solutec, co.^{1,†}

(Received August 03, 2016 / Revised August 31, 2016 / Accepted September 02, 2016)

Abstract: Recently, a hyaluronic acid micro needle patch for therapeutic and cosmetic purposes has been used by attaching directly to the skin with a pattern having a micro needle shape of 1/3 thickness of hair. These products are attracting attention as an innovative product that maximizes the effect by activating the active ingredient in the skin in the deep skin without blocking the horny layer because the micro needle shape exists on the patch surface so that it can penetrate effectively to the skin. Currently, DAB (droplet air blowing) or MEMS technology is used to make pattern shapes for patches. Because of this technology, manufacturing time is long and manufacturing cost is high, so we tried to develop the mold technology to machine the microneedle shape directly to the metal.

In this study, we first fabricated a needle pattern with a quadrangular pyramid shape and finally produced a conical needle pattern.

Key Words: Conical shape pattern, Hyaluronic-acid, Micro needle, Patch, Quadrangular pyramid

1. 서 론

최근, 마이크로 니들 패치 (Micro-needle Patch)는 머리카락의 1/3 두께의 마이크로 니들 형상을 패턴으로 유효성분으로 형성하여 피부에 직접 부착하여 치료 및 미용을 할 수 있는 패치를 상용화하고 있다. 이러한 제품은 피부에 효과적으로 침투할 수 있도록 패치의 면에 마이크로 니들 형상으로 패턴으로 존재하여 유효성분이 각질층에 가로막히지 않고 깊은 피부 속에서 체내 수분으로 활성화되어 효과를 극대화 하는 혁신적인 제품으로 주목 받고 있다. 이러한 형상을 제조하기 위해 현재 유효 성분을 초미세 가공기술과 결합해 만든 Micro-structure patch 기술이 적용되어지고 있으며, 눈가와 입가 처

진 탄력을 되살려 주고 수분을 피부 탄력을 유지 시켜주는 기능이 있다. 또 다른 특허 받은 신기술은 DAB(Droplet air blowing)방식으로 제조된 마이크로 니들로 평균 350 um의 높이로 제작되어 피부 속으로 유효성분을 용해 시켜 주는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 기존 기술들은 제작 시간이 길고 높은 제작비용으로 제품 단가를 높이는 요인이 된다. 따라서 이를 극복하기 위한 새로운 방식의 기술 개발이 절실히 필요하다.

본 연구에서는 이러한 기술적 단점을 극복하기 위해 대량 생산이 가능한 금형 기술을 적용하고자 하였으며, 이를 위해서는 미세 형상의 기계 가공을 통한 기술 개발이 선행 되어야 함을 직시하고, 코어 제작에 관한 연구를 진행하였다. 미세 형상에 대한 가공 연구를 시작하면서 형상의 단순화를 위해 초기 사각뿔 형상의 마이크로 니들 형상 가공을 가능

† 교신저자: 가온솔루텍
E-mail: gaon2013@gosolutec.com

한 대면적에 패턴으로 가공하였고¹⁻³⁾, 이러한 기반 기술을 바탕으로 최종적으로는 원뿔 형상의 마이크로 니들 대면적 패턴 제작에 관한 연구를 수행하였다. 현재 피부 침투용 마이크로 니들 형상의 최적 형상은 원뿔 형태로 알려져 있고 침투 효율이 극대화 된다고 한다. 이러한 일련의 작업은 기존 성형 연삭가공과 고속 가공에 의한 작업으로 후 가공, 즉 표면처리 공정이 추가되었다.

본 연구는 기존 기술의 특허 회피의 필요성과 생산성을 고려하여 금형 기술을 적용하였으며, 정밀 형상 가공을 위한 목표로 베 사이즈를 3 μm 이하로 설정하고, 니들 끝단의 형상을 한 변의 길이가 5 μm 이하의 정사각형(사각뿔 형상일 경우)과 직경(원뿔 형상일 경우)으로 하고 바닥면과의 연결 반경을 25 μm 이하로 설정하였다.

그리고 패턴의 구성은 가능한 대면적을 목표로 하였으며, 그 결과 사각뿔 형상은 □100 mm × 150 mm 면적에, 원뿔 형상의 경우 □150 mm × 150 mm의 면적에 패턴을 제작하였다. 이후 이러한 패턴 코어는 실리콘 압축성형을 통한 음형 틀을 제작한 후 이 실리콘 음형 틀에 유효 성분을 붓고 굳혀 마이크로 니들 패치를 최종적으로 제작을 할 것이다.

2. 사각뿔 형상 마이크로 니들 가공

2.1. 제작 도면

제작하고자 하는 마이크로 형상은 Fig. 1과 같이 밑면의 사각형의 크기는 □ 200 μm × 200 μm 이었으며, 높이는 300 μm 의 형상이었다. 따라서, 형상의 세장비 1.5인 사각뿔 형상이며, 패턴 면적 □100 mm × 150 mm에 25,619개의 형상을 가공하였다. 형상 간 pitch는 800 μm 이었다.

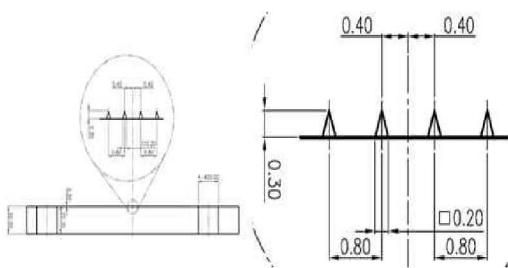


Fig. 1 Draft of a micro needle pattern for Quadrangular pyramid shapes

2.2. 가공 방법 및 결과

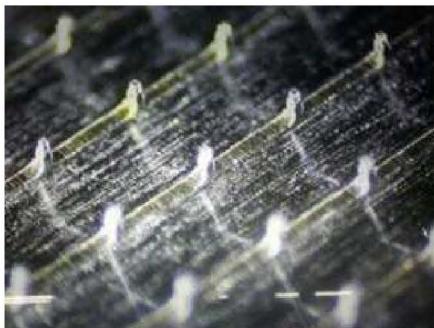
본 실험에 사용된 가공기와 연삭 수돌은 Fig. 2와 같이 Nagase(日) 정밀 연삭기(a)로 성형 연삭 가공을 수행하였고, 그 아래 사진에는 사용된 연삭수돌(Teiken 社)(b)을 보여주고 있다.

Fig. 3과 같이 황삭 가공(왼쪽 사진)을 거쳐 중상 및 정삭 가공(오른쪽 사진)까지 수행하였다. 황삭 가공 시 최종 사각뿔 형상에서 3~5 μm 여유를 두고 계단식으로 먼저 가공하였고, 중삭부터는 연삭수돌을 최종 형상에 맞추어 성형한 후 연삭 가공을 수행하였다^{4,5)}.

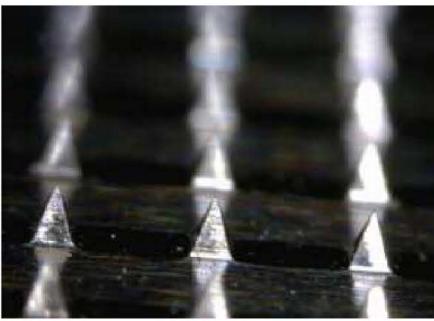
Fig. 4와 같이 마이크로 니들 패턴 코어를 제작하였고, 이를 베이스 금형과 조립 후 조립부의 틈과 단차를 없애기 위해 마이크로 레이저 용접을 한 후 면연마 작업을 통해 최종 실리콘 압축성형용 금형을 완성할 수 있었다.



Fig. 2 Grinding machine(NAGASE) and grinding wheel(TEIKEN)



(a) rough machining (grinding)



(b) finishing operation (grinding)

Fig. 3 grinding process for quadrangular pyramid shapes

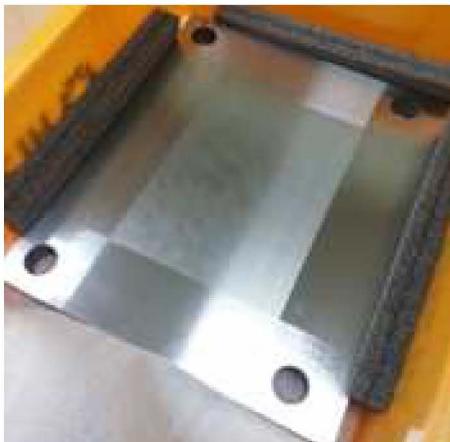


Fig. 4 assembled mold for silicon pressing process

3. 원뿔 형상 마이크로 니들 가공

3.1. 제작 도면

제작하고자 하는 원뿔형 마이크로 패턴 형상은 Fig. 5와 같이 밑면의 원의 크기는 $\phi 150 \mu\text{m}$ 이었으며, 높이는 $300 \mu\text{m}$ 의 형상이었다. 따라서 형상의

세장비 2.0인 원뿔 형상이며, 패턴 면적 $\square 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 에 34,596개의 형상을 가공하기 위해 4개의 쪽 코어로 $\square 75 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$ 면적에 8,649개의 원뿔 마이크로 니들 형상을 가공하였으며, 형상 간 pitch는 $800 \mu\text{m}$ 로 사각뿔 형상의 피치와 동일하였다.

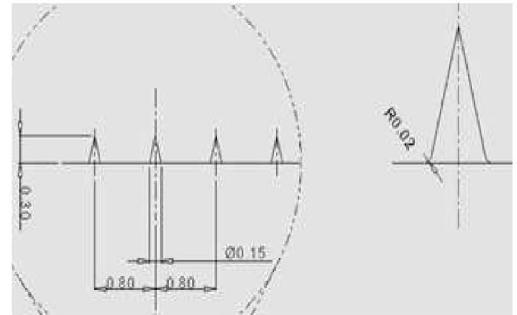


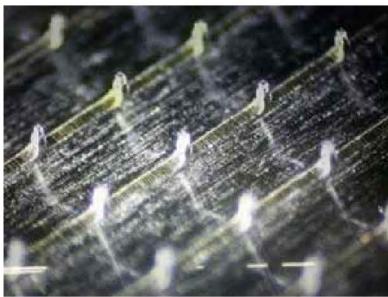
Fig. 5 Draft of a micro needle pattern for conical shapes

3.2. 가공 방법 및 결과

본 실험에 사용된 기기는 Fig. 6와 같이 Nagase (日) 정밀 연삭기로 성형 연삭 가공으로 황삭을 수행하여 다음 공정인 고속 가공(40,000rpm)을 수행함에 있어 가공 부하 하중을 최소화하였고, 이를 통해 $\square 75 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$ 의 면적에 패턴 가공을 성공할 수 있었다. 이렇게 제작된 바닥 면의 베(Burr)를 제거하기 위해 다시 면연마 가공을 수행하였으며, 이를 통해 원형 고속 가공으로 인한 중첩 영역에 생성된 베와 단차를 제거할 수 있었다. 그리고 Fig. 7과 같이 패턴 가공된 4개의 쪽 코어(a)를 베이스 금형에 조립하여 최종 금형(b)을 완성하였으며, 이렇게 제작된 코어 금형과 상 코어 금형을 조립하여 실리콘 압축 성형을 통해 음각의 틀을 제작할 수 있었다. 이렇게 제작된 실리콘 몰드에 앞서 서술한 유효 성분을 고화하여 제품을 완성할 수 있었다.

Fig. 8은 이렇게 조립된 금형에 대해 마이크로 니들 형상의 강도 향상시키기 위해 크롬 코팅 공정을 수행하였다. 하지만 강성 향상이 되었다고 판단되지만, 그 다음 공정인 실리콘 압축 성형 공정에서 미세 쪽 코어 조립 틈이 실리콘 음형 틈에 전사되어 최종 제품에 나타나게 되어 이에 대한 개선이 필요하다고 판단된다.

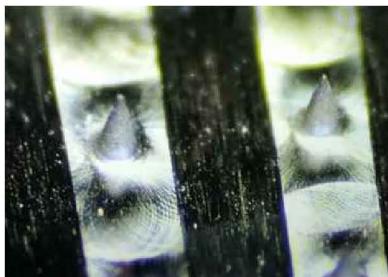
Fig. 9는 사각뿔 형상에서 원뿔 형상으로의 형상 개선에 대한 종합적인 정리 사진을 보여주고 있다.



(a) rough machining (grinding)



(b) high speed machining for conical shapes



(c) finishing operation (surface grinding)

Fig. 6 grinding process for conical shapes

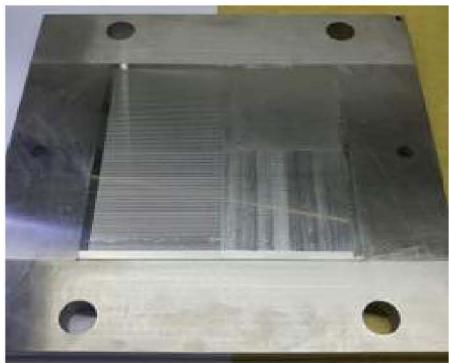


Fig. 8 Assembled mold after surface-finishing process
(Cr coating)

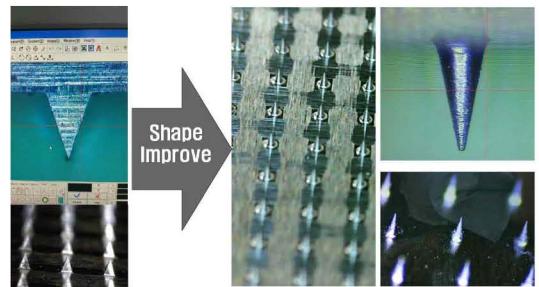


Fig. 9 Improve needle shape from quadrangular pyramid
(aspect ratio 1.5) to cone (aspect ratio 2.0)

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 마이크로 니들 형상을 기계가공을 통해 금형 코어를 제작하여 생산성을 극대화하고 형상에 의한 제품 효율을 최대화 할 수 있었다. 이러한 결과에 대한 결론을 다음과 정리하였다.



(a) a partial core mold with micro needle shapes
(b) assembled mold for silicon pressing process
Fig. 7 A partial core mold (a) and assembled mold (b) for conical needle patch

1) 정밀 기계 가공을 통해 마이크로 니들 형상 대면적 패턴 제작하였다.

2) 다음 요구스펙을 만족하는 정밀 형상 제작하였다.

- 가공에 의한 버 사이즈 최소화 (3 μm 이하)

- 니들 끝단의 형상 최소화 (5 μm 이하)

- 니들과 바닥면 연결 반경 (25 μm 이하)

3) 사각뿔 형상의 마이크로 니들 패턴 면적은 □150 mm × 100 mm, 원뿔 형상의 피들 패턴 면적은 □75 mm × 75 mm로 4개 쪽코어를 제작하여 조립하여 최종 □150 mm × 150 mm 으로 하였다.

4) 향후 계획

- 원형뿔 마이크로 패턴 대면적 제작 예정

- (면적 □ 150 mm × 150 mm, 한 세트)
- 패턴 면적 : □ 150 mm × 150 mm,
원형뿔 형상 수 : 34,969 (187×187)

참고문헌

- 1) 박철우, 연삭가공학, 과학기술, 2002. 9
- 2) 홍민성, “연삭가공시 연삭숫돌의 드레싱 시기 겹 출 방법에 관한 연구”, 한국공작기계학회지, 제 7 권, 제 1 호, pp. 112-118, 1998.
- 3) 박순섭, 이기용, 김형모, 황연, “초정밀 연삭 방법에 관한 연구”, 한국공작기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 623-628, 2006.
- 4) 김종한, 박종권, 고태조, “Surface texturing을 위한 연삭숫돌 홈 가공과 패턴생성에 관한 연구”, 한국생산제조시스템학회 춘계학술대회 논문집, pp. 286-286, 2012.
- 5) 고형주, 김호찬, 고태조, 윤해룡, “Surface texturing을 위한 연삭숫돌의 기하모델”, 한국기계가공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 92-92, 2012.