

피치가 다른 다축 태핑에서의 가공 특성과 품질 평가에 관한 연구 A Study on the Multi Tapping Process Characteristics and Tread Quality under Difference Pitch

이종형*, 이창현**, 김영문**, 이상영***, 이상중****
Jong-Hyung Lee*, Chang-Heon Yi**, Young-Moon Kim**,
Sang-Young Lee***, Sang-Joong Lee****

<Abstract>

As the products such as HDD, Notebook, PDA, and Mobile Phone become smaller and thinner, the radius of threads as well as holes for assembling those products become smaller, even down to 1mm. To produce such small holes and thread efficiently, multi tapping is highly necessitated. However the multi tapping characteristics is not well known because its complicated cutting mechanism and thus the quality of the produced holes and threads is not well studied yet. In this paper, experiments have been conducted for small-radius threads using M2 and M2.6 and M3 cold forming tap to investigate multi tapping process using several useful signal such as torque and Z-axis encoder pulse. The surface and profile of the machined threads have been magnified and observed through a SEM.

Keywords : Multi tapping machine

1. 서 론

대량생산과 고품질 그리고 정밀도를 필요로 하는 자동차, 항공, 항공산업과 최근 급격히 성장하고 있는 IT 산업 분야 가운데 HDD, 노트북, PDA, 휴대폰 제작 등의 다양한 분야에서 생산성 향상을 위해 다축 태핑의 필요성이 점차 증대되고 있다. 사무기기의 경우 얇은 강판의 케이스나 프레임에 많이 사용된다. 미리 뚫린 애벌구멍에 태핑 하는 방법으로 출구 부근에 버가 있으면 기판 등에 떨어져 쇼트 할 위험이 있다. 컴퓨터 부품에 HDD 소형화로 인하여

가공후의 버가 디스크를 상처 내는 일이 제품의 고장을 많이 내는 원인이라고 한다.⁽¹⁾

특히, IT 산업의 경우 나사의 피치가 짧기 때문에 상대적으로 가공시간이 길어지게 되므로 한 번의 공정으로 완성되는 작업이 더욱 요구된다. 그러나, 이러한 산업계의 요구에도 불구하고 태핑은 그 절삭 메커니즘의 특성 때문에 피치가 서로 다른 태핑에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 이 논문에서는 현재 IT 산업 등에서 사용량이 증대되고 있는 소직경의 탭(M2×0.4, M2.6×0.45,

* 금오공과대학교 기계공학부

** 금오공과대학교 대학원 생산기계공학과

*** 한국폴리텍VI대학 컴퓨터응용기계과

**** 영주 시청

* Professor, School of Mechanical Engineering , K.I.T

** Student, School of Mechanical Engineering , K.I.T

*** Professor, Daegu Polytechnic VI College

**** Yeongju City Hall

M3×0.5)을 칩이 발생하지 않는 콜드 포밍탭을 이용하여 각각 동시 가공을 하였을 때 나타나는 절삭특성을 살펴보고 시간 단축으로 인한 생산성 향상 이외에 다축 태핑에 적용할 수 있는 여러 가지 요인들을 파악해 보았다. 절삭 조건은 일반적인 가공에서는 절삭 깊이, 이송 속도 및 주속도가 중요한 요인으로 작용한다. 그러나 태핑은 다른 가공들과는 달리 절삭 깊이와 이송이 나사의 치구, 탭의 챔퍼산 수와 홀수로 결정되어지기 때문에 조건에 제약을 받게 된다⁽²⁾.

다축 태핑은 고능률을 통해 생산성 향상을 가져오지만, 속도가 너무 빠르게 되면 재질에 따라서는 탭의 구성인선이 성장하기 쉽게 되고 암나사의 치수 확대를 야기한다.⁽³⁾ 또한 속도가 너무 느리게 되어도 칩 형상이 불안정 하고 날 빠짐이나 절손의 원인이 되기도 한다. 따라서, 태핑에서 절삭 속도의 적정한 결정은 암나사의 정밀도가 안정되고, 탭의 수명을 연장할 수 있다.⁽⁴⁾ 따라서 이 논문에서는 스펀들을 이용하여 다양한 피치에서 한번에 가공이 가능한 태핑머신으로 각각의 토크에서의 태핑의 가공특성을 분석하였다. 또한 속도의 변화를 주어 가공한 암나사를 SEM을 통해 확대 관찰하고 암나사의 가공속도에 따른 절삭저항력과 표면관찰을 통해 고속에서의 태핑 가공 특성에 대해 분석하였다.

2. 실험 방법 및 실험조건

본 실험에서 사용된 공구는 서로 다른 피치를 가지는 Tap(M2.0×0.4, M2.6×0.45, M3×0.5)을 스파이럴 탭과 콜드 포밍탭을 이용하여 각각 동시가공 하였으며, 공작물은 산업현장에서 널리 사용하고 있는 SECC(전기아연도금냉간압연강판)로서 냉간압연강판 SPCC 에 전기아연도금을 한 재료를 이용하였다. 전기아연도금 강판은 전류 및 전해액에 의해 아연피복을 입혀 내식성을 높인 제품으로, 도금 부착량이 적고 균일하며, 도금 시 열적 영향을 받지 않아 소재의 기계적 성질을 그대로 유지하므로 가공성, 내식성, 도장성, 용접성 우수한 재료로서 IT 분야에서 다양하게 이용되고 있는 재료이다.⁽⁵⁾ 공작물의 가공은 프레스를 이용하여 M2×0.4 탭 가공이 가능하도록 다수개의 홀을 가공한 후

탈지작업을 하였으며 M2.6×0.45과 M3×0.5의 탭 가공이 가능하도록 선 가공된 자리에 드릴링 작업을 다시 하여 각각의 탭 작업이 가능하도록 가공하였다.

본 실험에서 사용된 재료의 화학성분 및 기계적 성질을 Table 2.1~ 2.2 에 나타내었다.

Table 2.1 Chemical composition of specimen(%)

Nomen	C	Si	Mn	P	S	Al
Material						
SECC	0.034	0.010	0.260	0.015	0.018	0.045

Table 2.2 Mechanical properties of specimens

Nomen	Yield Point (Kgf/mm ²)	Tensile Strength (Kgf/mm ²)	Elongation n	Hardness (HRB)
Material				
SECC	210	330	42.3	46.3

본 실험에 사용된 공작기계로는 다축 태핑머신이 사용되었다. 일반적인 다축 태핑머신은 가공된 홀 내경에 동시에 여러 개의 암나사를 형성하기 위한 장치로써 동일 직경, 피치의 가공만 가능하였다.

그 예로 가공되는 홀의 암나사 피치가 서로 다를 경우, 즉, 가공물에 형성될 홀을 3개로 가정하면, 암나사의 피치가 p=1, 또 하나의 암나사 피치가 p=1.5, 나머지 하나의 암나사 피치가 p=2일 경우, 각 홀의 암나사를 가공하기 위해 탭의 피치 역시 p=1, p=1.5, p=2의 피치가 다른 3종류의 탭이 요구되며, 각 탭은 구동모터에 의해 동일한 회전수로 회전하며 가공물과 연결하게 된다. 동일 회전수에 피치가 다른 상태에서 가공물의 홀과 연결할 경우 피치가 큰 순서대로 이송거리가 빨라지므로 피치가 큰 탭이 가장 먼저 정해진 거리에 도달하게 된다. 이렇게 될 경우 가공물이 지그에 고정된 상태이고, 탭이 조인트 및 탭 샤프트에 고정된 상태일때, 탭의 상이한 피치에 의해 이송거리 편차에 따른 태핑가공이 불가능한 문제점을 안고 있었다. 이러한 단점을 보완하여 각각의 축에 피치에 맞는 회전력을 인가해줌으로 서로 다른 피치를

가지는 암나사의 가공을 단일 공정으로서 가공하도록 한 장비로서 Fig 2.1 과 같다. Fig 2.2는 태핑가공시 발생하는 절삭저항력의 측정을 위하여 압전형 공구동력계(Kistler, 9257B)를 태핑머신 베드 위에 설치하고, 그 위에 공작물 설치용 지그를 부착하여 공작물을 고정하였다. 공구동력계에서 얻어진 신호는 다채널 증폭기(Kistler, 5091)로 증폭되었고, 이 증폭된 신호는 아날로그-디지털 변환기(IOtech, DaqBook)를 거쳐 디지털화되어 컴퓨터로 전송되었다. 컴퓨터에서는 Cutting Force Software를 사용하여 데이터를 분석하였다. 그리고, 실험조건은 M2.0×0.4과 M2.6×0.45, M2.0×0.4과 M3.0×0.5, M2.6×0.45와 M3×0.5을 2축을 동시 가공하며 주축회전수를 400rpm, 800rpm, 1600rpm 으로 변화시키고 마지막으로 3축의 탭을 동시 가공하며 회전수를 변경했을 때의 절삭속도의 변화에 따른 절삭저항력, 동시 가공 여부 및 나사산 형상을 관찰하였다. 시편의 탭 가공위치는 Fig 2.3 에 나타내었다.

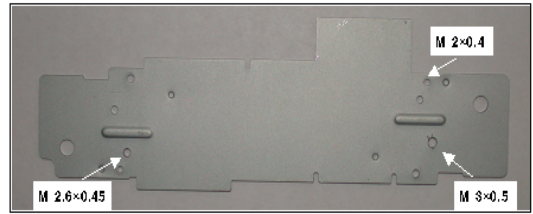


Fig. 2.3 Tapping position of specimen.

3. 실험결과

3.1 가공정밀도 평가

최대 3 Hole 을 동시에 가공하는 조건하에서 스핀들 토크의 변화에 따라 가공면의 품질과 탭 가공전 밀구멍 가공에 따른 Inner thread면의 융착이나 Chip 발생이 일어나는지를 절삭저항력과 시간의 조건을 각각 다르게 하여 다축 태핑의 가공특성을 파악하고 보다 나은 가공조건을 찾고자 하였다.

M3×0.5, M2.6×0.45, M2×0.4의 3축 태핑가공을 400rpm, 800rpm, 1600rpm에서 실시한 경우 M2×0.4의 가공은 펀치 프레스를 이용하였으며 M2.6×0.45, M3×0.5의 경우 펀치프레스 가공 후 드릴링 작업을 통해 밀구멍의 직경을 조정해주었다. Fig 3.1은 토크에 따른 절삭저항을 나타내고 있으며 (a)의 최대절삭저항은 81N, 가공시간은 6초이고 (b)의 최대절삭저항력은 97N, 가공시간은 2초 (c)의 최대절삭저항은 115N, 가공시간은 1.2초 이다. Fig 3.2는 SEM촬영으로 가공의 특성을 확인한 결과로써 buur의 발생유무를 확인하고, 내부 나사산의 단면이며 품질평가가 양호하다는 것을 판단할 수 있었다.

M3×0.5, M2.6×0.45의 2축 태핑가공을 400rpm, 800rpm, 1600rpm에서 실시한 경우 M2.6×0.45, M3×0.5의 경우 펀치프레스 가공 후 드릴링 작업을 통해 밀구멍의 직경을 조정해주었다.

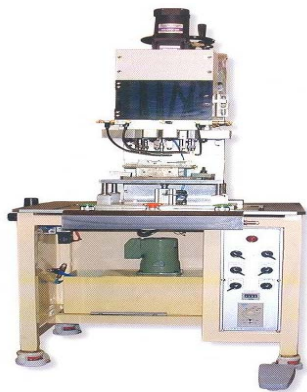


Fig. 2.1 Multi-tapping machine.

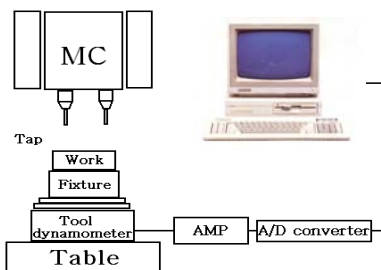
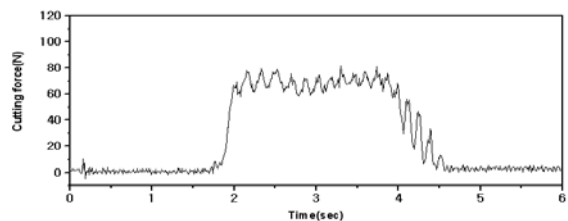
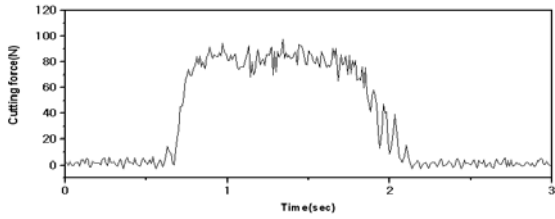


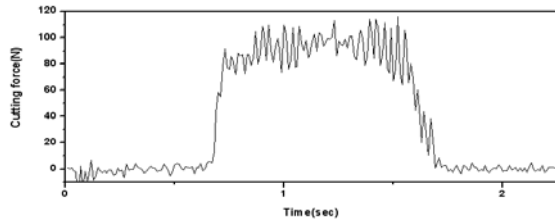
Fig. 2.2 Experimental layout.



(a) 400rpm

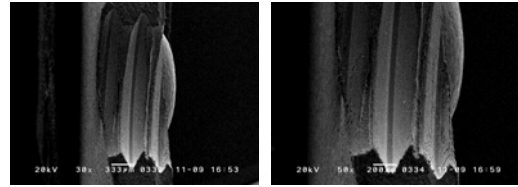


(b) 800rpm

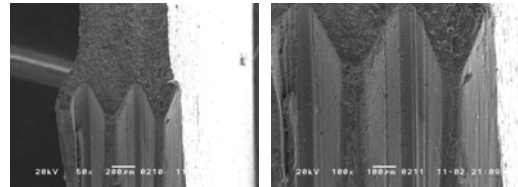


(c) 1600rpm

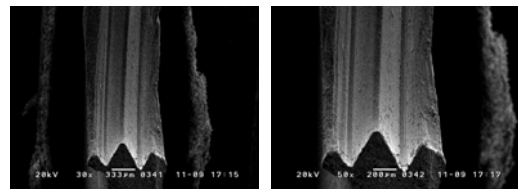
Fig. 3.1 Relation between cutting force and time, using 3 tap (M2×0.4, M2.6×0.45, M3×0.5).



(a)M2×0.4

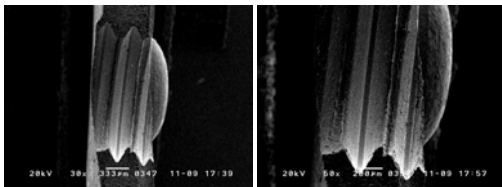


(b)M2.6×0.45

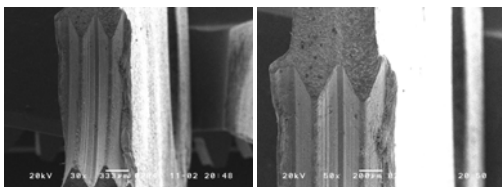


(c)M3×0.5

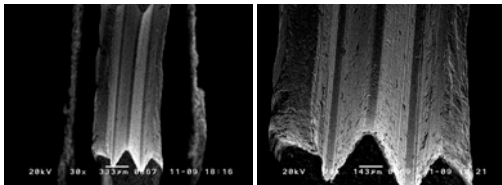
Fig. 3.3 Photographs of the inner surface of using 3 tap(M2,M2.6,M3×0.5) at 800 rpm.



(a)M2

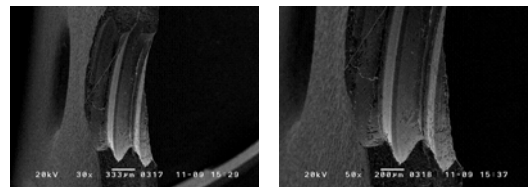


(b)M2.6

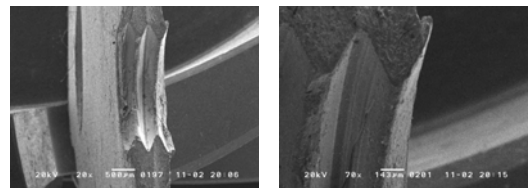


(c)M3×0.5

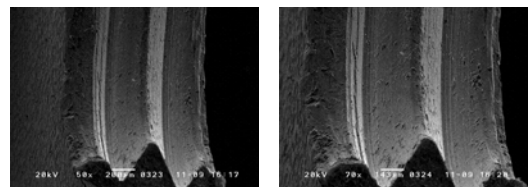
Fig 3.2 Photographs of the inner surface of using 3 tap (M2,M2.6,M3×0.5) at 400rpm.



(a)M2×0.4

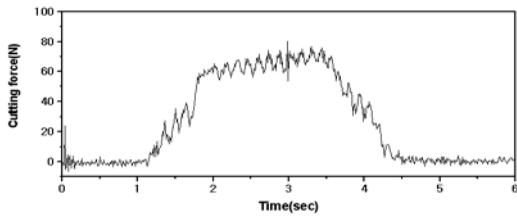


(b)M2.6×0.45

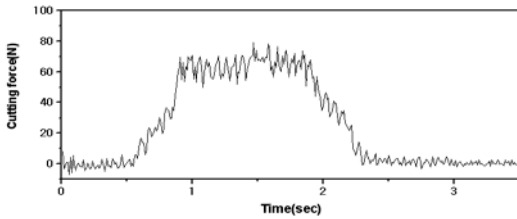


(c)M3×0.5

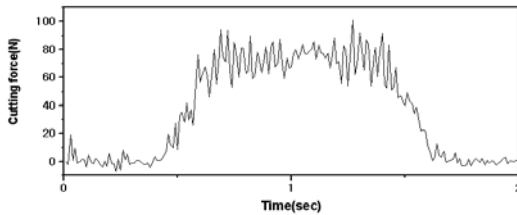
Fig. 3.4 Photographs of the inner surface of using 3 tap(M2×0.4, M2.6×0.45, M3×0.5) at 1600rpm.



(a) 400rpm

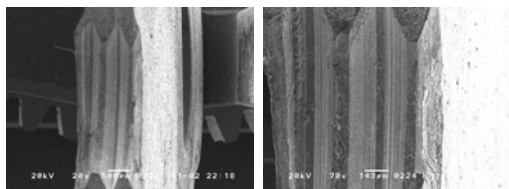


(b) 800rpm

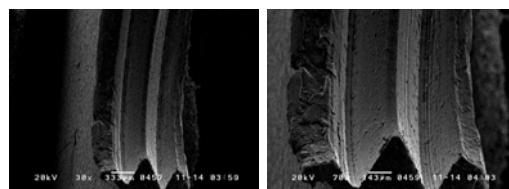


(c) 1600rpm

Fig. 3.5 Relation between cutting force and time, using 2 tap (M2.6×0.45, M3×0.5) at 400rpm, 800rpm, 1600rpm.

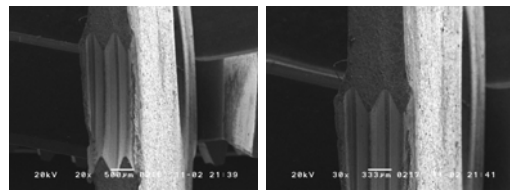


(a) M2.6×0.45

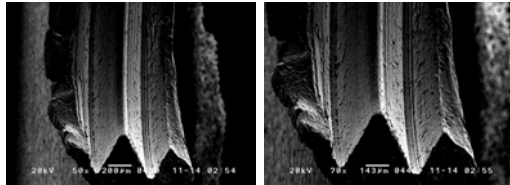


(b) M3×0.5

Fig. 3.6 Photographs of the inner surface of using 2 tap (M2.6×0.45, M3×0.5) at 400rpm.

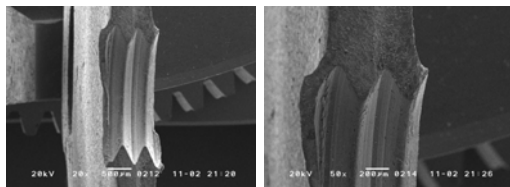


(a) M2.6×0.45

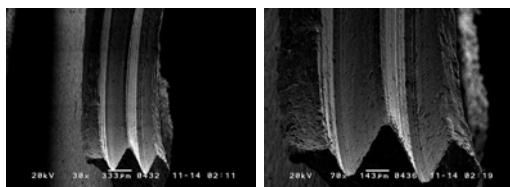


(b) M3×0.5

Fig. 3.7 Photographs of the inner surface of using 2 tap (M2.6×0.45, M3×0.5) at 800rpm.



(a) M2.6×0.45



(a) M3×0.5

Fig 3.8 Photographs of the inner surface of using 2 tap (M2.6, M3×0.5) at 1600rpm.

Fig 3.3과 같이 토크에 따른 절삭저항을 확인할 수 있으며 (a)의 최대절삭저항은 80N 가 공시간은 3.5초, (b)의 최대절삭저항은 78N 가 공시간은 2초, (c)의 최대절삭저항은 101N 가 공시간은 1.3초이다.

Fig 3.4는 SEM촬영으로 가공의 특성을 확인한 결과로써 burr의 발생유무를 확인하고, Inner thread의 Section을 나타내어 품질평가가 향상하다는 것을 판단할 수 있었다.

M3×0.5×0.5, M2×0.4의 2축 태핑가공을 400rpm, 800rpm, 1600rpm에서 실시한 경우, M2×0.4의 가공은 펀치 프레스를 이용하였으며 M3×0.5의 경우 펀치프레스 가공 후 드릴링 작

업을 통해 밑구멍의 직경을 조정해주었다. Fig 3.5은 토크에 따른 절삭저항을 나타내고 있으며, (a)의 최대절삭저항은 63N 가공시간은 2.5초, (b)의 최대절삭저항은 66N 가공시간은 1.5초, (c)의 최대절삭저항은 86N 가공시간은 1초이다. Fig 3.6는 SEM촬영으로 가공의 특성을 확인한 결과로써 burr의 발생유무를 확인하고, Inner thread의 Section을 나타내어 품질평가가 양호하다는 것을 판단할 수 있었다.

M2.6×0.45, M2×0.4의 2축 태핑가공을 400rpm, 800rpm, 1600rpm에서 실시하였으며, M2×0.4의 가공은 펀치 프레스를 이용하였으며 M2.6×0.45, M2×0.4의 경우 펀치프레스 가공 후 드릴링 작업을 통해 밑구멍의 직경을 조정해주었다.

400rpm에서의 최대절삭저항은 54N, 가공시간은 6.5초이고 800rpm에서의 최대절삭저항은 48N, 가공시간은 3초 1600rpm에서의 최대절삭저항은 71N, 가공시간은 1.5초로 나타났다.

3.2 가공전후 경도 비교

SECC 재료를 모재, 펀치프레스, 드릴링, 탭 가공을 거치면서 가공경화로 인한 절삭저항저항력의 변화가 발생하는지를 알아보았다. 실험은 마이크로 비커스 경도기를 이용하였으며, 각 공정마다 20회의 경도측정을 실시하였으며 최고값과 최저값을 제외한 평균값을 이용하였다. 경도값은 Fig 3.9에 나타내었다.

그래프를 확인하면 모재보다 프레스 가공 후 경도값이 많이 떨어진 것을 확인할 수 있는데 일반적으로 SECC는 제품의 경우 용융아연도금 제품과는 가공성부분에서 많은 차이를 나타내고 있다. 대부분 가전소재용 부품이라는 용도 때문에 심한 가공을 해도 성형이 되도록 제품을 생산하고 있기 때문이다.

일반적으로 제품의 단면구조가 AFP수지층/인산염층/Zn 전기도금층/Fe 소지층으로 다소 복잡하게 구성되어 있는 제품으로 연신이 일어난 가공부의 표면층을 측정하였기 때문에 경도에 영향을 미치는 이들 표면층의 변형 때문에 변화 발생 요인으로 작용 하였다.

그리고 프레스 가공 후 탈지처리를 실시하였는데 탈지온도가 80℃이고 처리시간이 20분 정도인데 이 정도면 풀림(Tempering) 효과가 있을 수도 있어 펀치 프레스 가공 후 경도 값이 모

재보다 차이가 발생하는 것을 볼 수 있었다. 드릴링과 탭 가공에서는 경도 값이 약간씩 상승하는 것을 확인 할 수 있었다.

3.3 Tap X-ray 촬영

Fig 3.10은 탭 가공 후 탭 내부에 크랙의 발생 유무를 확인하기 위해 X-ray 를 이용하여 촬영 하였으나 발견되지 않았다.

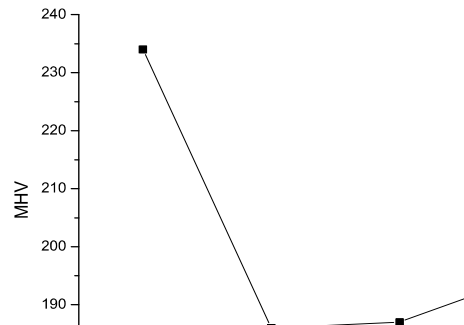


Fig 3.9 Microvickers hardness with various process in SECC.

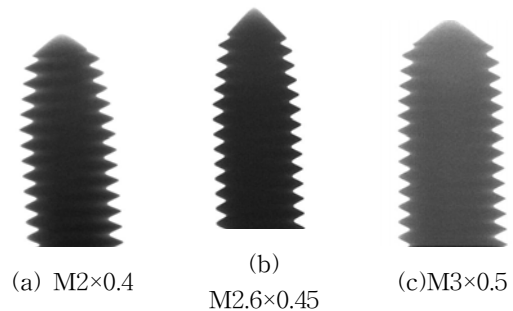


Fig 3.10 Photographs of the surface of tap using X-ray.

4. 결론

피치가 서로 다른 탭으로 절삭속도를 바꾸어 실험하여 절삭저항력의 변화와 공구마모, 그리고 피삭 암나사의 정밀도 및 표면 상태를 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) JIS 2급의 한계 플러그 게이지에 의해 가공 암나사의 품질을 조사한 결과 서로 다른 피치의 동시 탭 가공이 가능함을 알 수 있었다.
- 2) SECC의 태핑실험 결과에서 피삭 암나사의 피치선 끝에서 칩의 용착이 발생하고 나사 산마루에서 칩이 씹히는 현상이 가공속도 및 밑구멍 가공에 따라 좌우된다는 결과를 얻었다.

- 3) 800rpm 에서의 절삭저항력 면에서 가공성이 가장 양호한 것으로 나타났으며, 밀구멍 가공에 따라 드릴 가공보다 펀치프레스 공정만 거친 탭 단면에서 버 발생이 작은 것으로 나타났다.
- 4)SECC의 가공에 있어 밀구멍 가공과 탭 가공에 있어 경도값이 상승하였으며, 가공을 통한 경화가 발생하는 것을 알 수 있었다.
- 5) 피치가 다른 탭 가공에서 탭 마모와 내부 미소 크랙이 발생 여부를 알아보기 위해 X-Ray 촬영을 통하여 확인 하였으나 탭 내부에 변화는 발생하지 않았다.

후기

본 연구는 2005년도 금오공과대학교 학술연구비지원에 의하여 연구된 논문으로 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 1) Choi M. S., Song J. B., On Tap Geometry and Characteristics of Torque in High Speed Tapping, KSPE, Vol. 13, No. 8, pp. 139-145, 1996.
- 2) 鈴木由郎, 소 구경 탭 가공의 특성과 사용방법 포인트, 기계기술, pp. 45-50, 2000.
- 3) 김하룡, 구멍 가공용 공구의 보든 것, 성안당, pp. 102-106, 1996.
- 4) 山川建一郎, 소경 콜드 포밍 탭에 의한 약전 부품의 가공, 기계기술, pp. 35-37, 2003.
- 5) 최정영, 박규서, 공구 & 공구제작5, 도서출판골드, pp. 120-138, 1999.

(2006년 7월 13일 접수, 2006년 10월 20일 채택)