

탭의 형상이 절삭성능에 미치는 영향

최만성*, 송지복**

* 한국기술교육대학 생산기계공학과

** 부산대학교 정밀기계공학과

Abstract

The various geometry of tap has been developed in order to tap special workmaterial at considerably higher cutting speed than that of the conventional HSS tap. In this paper a piezo type tool dynamometer is constructed and used to measure the torque. The experimental tests are run with various cutting speed. It is clarified that the process of chip formation strongly depends on rake angle, relief angle, angle of twist.

1. 서론

절삭가공 중에서 탭가공은 대단히 복잡한 절삭기구를 갖고 있고 광범위하게 행해지는 가공 중의 하나이다. 현재 대부분의 탭가공은 홈형상 분류에 의한 핸드 탭, 포인트 탭, 스파이럴 탭, 홈없는 탭 등의 일반적인 탭으로 분류하여 사용되나 특수목적용의 탭도 많이 쓰이고 있다. 탭핑된 나사의 정도는 주로 탭의 형상에 크게 영향을 받는다.¹⁻²⁾ 또한 절삭토크는 탭의 종류나 경사각, 모따기부(불완전 나사부)의 길이 등 탭의 형상에 관한 것과 밀구멍의 크기, 피삭재의 종류, 나사네기의 크기, 절삭조건의 영향을 받게 된다.³⁻⁶⁾ 탭의 절삭성능에서 중요한 것 중의 하나는 칩의 배출인데 현재 칩의 배출에 관련된 정량적인 해석은 복잡한 절삭기구로 인하여 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 탭의 형상에서 중요한 탭의 경사각, 여유각, 비틀림각을 바꾸고 절삭속도를 변화 시켰을 때 절삭저항의 관계를 고찰하고, 이에따른 칩의 휘말림 상태를 검토한다.

2. 실험조건 및 장치

탭의 공구경사각 γ 는 4°, 8°, 12° 로 하고, 여유각 α 를 1°30', 2°, 2°30', 비틀림각 Pf를 40mm, 35.5mm, 31.5mm 로 형상을 주었다. 사용된 피삭재는 16MnCr5, 42CrMo4 이며 16MnCr5를 탭핑 하였을 때 절삭속도는 10, 25, 40, 55 m/min로 하고 42CrMo4를 탭핑하였을 때 절삭속도는 10, 17.5, 25, 31.5 m/min 으로 실험하였다. 실험장치에 대한 개략도를 Fig.1에 나타낸다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.2(a) - Fig.2(c)는 주어진 실험조건에서 절삭토크의 변화특성을 나타내는 곡선이다. 여기에서 볼 수 있듯이 특성곡선의 형태는 대략 3가지 종류로 나눌 수 있는데 Fig.2(a)는 완전나사부까지 가공이 전부 되었을 때 토크의 기울기 변화가 거의 일정함을 보여준다. Fig.2(b)는 완전나사부에서 칩의 배출이 완만하지 못한데서 오는 토크의 변화를 보여주는데 이러한 현상이 심하면 대부분 나사면 정도가 좋지않고 탭의 파손이 발생하기도 한다. Fig.2(c)는 불완전나사부의 가공이 끝날 무렵 발생하는 토크의 변화로써 그렇게 좋은 가공면은 얻어지지 않는다. Fig.3은 경사각 γ 를 4°, 8°, 12°로 바꾸어 토크를 측정 한 결과로써 절삭이론에 부합되는 결과를 보여주고 있다. 즉 절삭속도의 증가에 의해 절삭저항은 감소하고 경사각이 클수록 절삭저항이 감소하는 경향을 보여주고 있다. 이 조건에서 절삭저항의 특성을 살펴보면 Table1과 같다.

Table 1 Relations between rake angle and characteristic curve of torque

Tap geometry	Vc=10	Vc=25	Vc=40	Vc=55
$\gamma=4^\circ$	L3	L3	L3	M1
$\gamma=8^\circ$	L3	L3	M1	M1
$\gamma=12^\circ$	M1	M1	M1	L3

Fig. 4는 탭공구의 여유각에 대한 절삭저항의 변화로 일반적인 경향은 보이지 않고 여유각에 따라 그 변화특성이 다양함을 알 수 있다. 이것은 여유각에 따라 공구와 피삭재의 마찰 즉 구멍의 주벽에 대한 구속이 심하여 탭의 진동이 심해지는 결과가 아닌가 생각된다. 여유각에 따른 절삭저항 특성곡선의 관계를 살펴보면 Table 2와 같다.

Table 2 Relations between relief angle and characteristic curve of torque

Tap geometry	Vc=10	Vc=25	Vc=40	Vc=55
$\alpha=4^\circ$	M1	L3	L2	L2
$\alpha=8^\circ$	M1	L2	L2	L2
$\alpha=12^\circ$	L1	L1	L2	L2

Table 2에서 여유각에 변화를 주면 절삭속도에 관계없이 절삭저항은 대부분 완전나사부에 서 저항의 기울기가 극심한 상태가 되고 이것은 앞에서 언급한 것과 같은 공구의 진동과 칩의 배출성이 불량한데서 오는 결과라 여겨진다. Fig. 5는 칩의 배출에 크게 영향을 미치는 탭홈의 비틀림 정도를 나타내는 Pf에 따라 절삭저항의 변화를 나타내었다. 탭의 모따기부에서 각 공구날은 곡면의 형상을 가지는데 Pf의 값이 클수록 하나의 공구날의 경사각의 차이는 약간 크게된다. 그림에서 Pf가 40mm 일 때 절삭토크는 다른 두개의 비틀림각보다 그 값은 차이가 크게 나는데 결국 이러한 결과로 볼 때 구멍가공 특히 탭가공에 있어서 칩생성은 절삭저항과 깊은 함수관계를 가지고 있다고 볼 수 있다. 다음 Table 3에서는 16MnCr를 탭핑하였을 때 주어진 탭형상에서 절삭속도를 바꾸어 실험한 경우 칩이 탭에 휘말리는 정도를 나타낸다. 여기에서 절삭속도가 낮은 범위에서는 공구의 경사각과 여유각이 칩의 휘말림에 크게 영향을 주고 절삭속도 Vc=40m/min 이상인 경우 오히려 비틀림각 Pf가 칩 휘말림에 더 큰 영향을 준다.

Table 3 The effect of tool geometry on chip jamming(16MnCr5)

Tap geometry	Vc=10	Vc=25	Vc=40	Vc=55
γ	47%	16%	11%	26%
α	17%	8%	17%	8%
Pf	8%	8%	25%	33%

Fig. 6은 피삭재를 42CrMo4를 절삭속도 10, 17.5, 25, 32.5m/min로 바꾸어 실험한 경우 절삭저항의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 3과 같은 경향을 보이지만 경사각 γ 가 12°일 때 절삭토크는 오히려 증가함이 특이하다. Fig. 7은 Fig. 4와 달리 일정한 변화를 보이는데 여유각이 증가할 수록, 절삭속도가 커질수록 절삭저항은 증가함을 볼 수 있다. 이것은 일반적인 절삭과는 조금 다른 양상으로 탭가공에서 여유각의 크기는 절삭성능에 큰 영향을 미치는 것으로 간주된다. Fig. 8에서도 Fig. 5와 다른 양상을 보이는데 오히려 비틀림각이 작은 Pf=31.5mm 인 경우 절삭토크의 변화가 더 심함을 볼 수 있다. 따라서 절삭저항의 측면에서 그 크기의 변화는 피삭재에 크게 의존함을 의미하고 이것은 탭설계 시 칩의 배출성과 함께 고려되어야 할 사항 중의 하나이다.

Table 4 The effect of tool geometry on chip jamming(42CrMo4)

Tap geometry	Vc=10	Vc=17.5	Vc=25	Vc=32.5
γ	0%	11%	0%	0%
α	20%	20%	20%	20%
Pf	0%	11%	0%	11%

Table 4는 42CrMo4를 탭핑한 경우의 칩의 휘말림 정도를 나타낸 것이다. Table 3과는 달리 칩의 휘말림은 공구의 여유각에 크게 의존하고 다른 두 변수는 거의 무관함을 볼 수 있다. 결론적으로 두 재료의 절삭성능을 평가해 볼 때 절삭성능에 관계되는 절삭저항이나 칩의 배출상태는 피삭재의 종류에 따라 대부분 다르다. 이것은 가공조건에 따른 칩의 유출각, 칩의 두께, 칩-공구 접촉길이, 탭의 형상인자에 의한 칩의 운동 등에 기인되는 복잡한 요인에 의한 것으로 생각된다.

4. 결론

다양한 공구형상을 가진 탭으로 절삭속도를 바꾸어 실험한 결과 절삭토크의 변화특성을 구하고 그 변화를 검토하였다. 탭에 있어서 절삭성능에 관계되는 절삭저항과 칩의 배출은 특정한 공구각에 의존하지 않고 그 변화가 상호복합적으로 영향을 미치게 된다. 따라서 탭의 설계 시 고려되는 사항은 탭의 공구형상이 절삭조건에 따라 토크의 특성곡선에 어떻게 영향을 미치는가를 알아보고 칩의 휘말림성을 정성적으로 구해 둘 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. Lorenz, G., 1963, "The effect of rake angle in Nut Tapping", C.I.R.P. Annals, vol 12, pp116-119.
2. Lorenz, G., 1978, "A Study on the Effect of Tool Geometry", Mech. Engg. Transaction, Inst. Eng., Australia, ME, Vol 3, pp101-104
3. E.D. Doyle & S.K. Dean, 1974, "Effect of Axial Forces on Dimensional Accuracy during Tapping, Int. J. Mach. Tool Des. Res.", Vol. 14, p325
4. J. Carl., 1978, "Fundamentals of Drilling, Tapping and Reaming", Int Symp. Influence Metal Hole Making Operation, Vol5.
5. W. Scherm, F. Tikal, 1993, "Gewinde auf Bearbeitungszentren mit Synchrospindel bohren", Werkstatt und Betrieb, Vol. 126, No. 5, pp287-290.
6. 宇尾平二, 1954, "タップの擴大しろについて", 不二越技報, Vol. 13, No. 1, pp44.

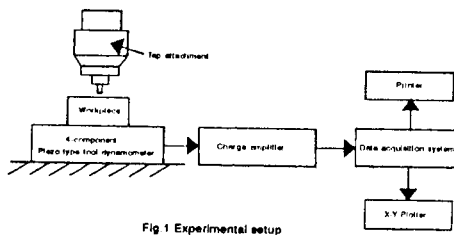


Fig 1 Experimental setup

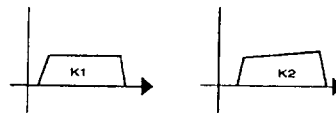


Fig 2(a) Constant slope of full cut

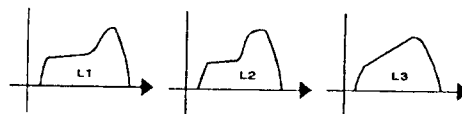


Fig 2(b) Ascend at end of full cut

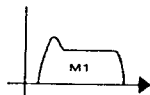


Fig 2(c) Ascend at start of full cut

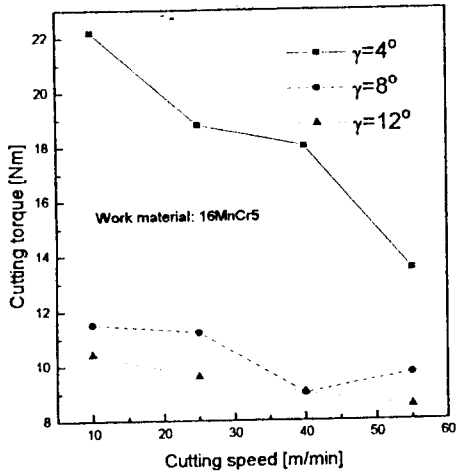


Fig. 3 The effect of cutting speed on torque with rake angle

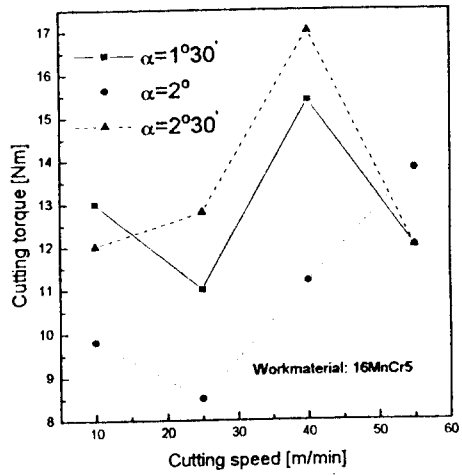


Fig. 4 The effect of cutting speed on torque with relief angle

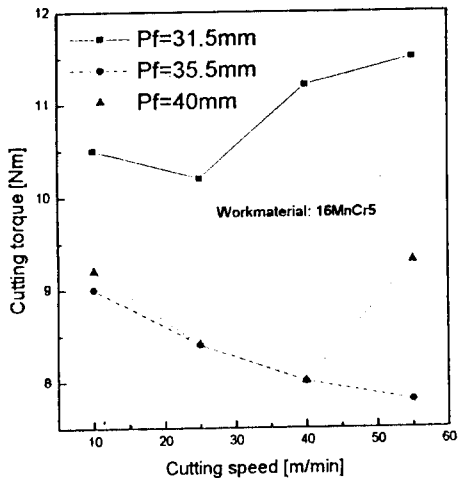


Fig. 5 The effect of cutting speed on torque with angle of twist

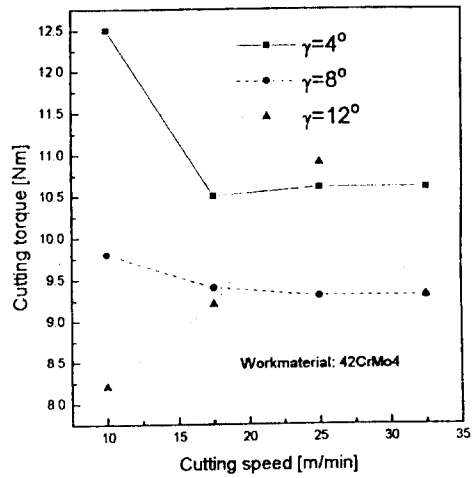


Fig. 6 The effect of cutting speed on torque with rake angle

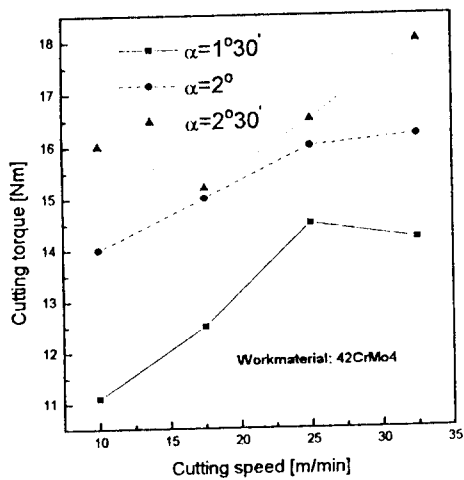


Fig. 7 The effect of cutting speed on torque with relief angle

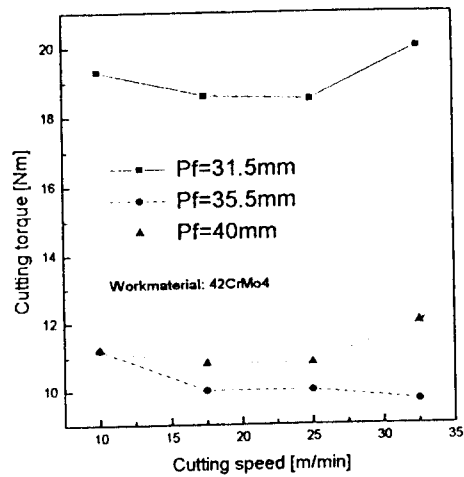


Fig. 8 The effect of cutting speed on torque with angle of twist