

에폭시 수지의 절삭가공에 관한 연구

A Study of the Cutting Properties of Epoxy Resins

김희남 (명지대) *윤종강, 윤준현 (명지대 대학원)

H. N. Kim (Myongji Univ.) * J. K. Yun , J. H. Yun (Myongji Univ.)

ABSTRACT

In the past polyester was usually used as the matrix of all fiber-reinforced plastic (FRP). Nowadays, however, epoxy resin has taken the place of polyester due to its superior properties. If the cutting properties of epoxy resin are unknown, It is difficult to find the optimum cutting conditions of all fiber-reinforced plastic such as CFRP. AFRP. GFRP. In this paper, I will study the cutting properties of epoxy resin by testing surface roughness.

1. 서 론

최근 산업 발전과 더불어 새로운 재료의 개발에 대한 요구가 날로 증가함에 따라 각종 신소재들이 개발되고 있다. 이들 재료들중에 최근 많이 사용되는 섬유강화플라스틱은 비강성과 비강도가 거의 기존의 재료보다 크고, 원하는 방향으로 섬유를 첨가하여 강성과 강도를 조절할 수 있기 때문에 재료의 낭비를 막을수 있는 큰 장점을 가지고 있다.

또한 일반강이나 알루미늄보다 물리적인 성질이 우수하여 압력용기, 자동차, 선박용 재료 및 요소부품 설계 산업에서 널리 이용되고 있다.

그러나 섬유강화플라스틱의 끝마무리 가공시 절삭조건과 공구선택에 따른 표면거칠기 악화와 피삭재의 균열이나 층간 박리 현상들의 문제가 발생한다. 이런 문제점들은 공구 및 가공재료에 악 영향을 미치므로 적절한 공구 선정과 그에 따르는 절삭 조건을 알아야 한다. 그러나 우선적으로 이들 재료의 매트릭스 가공특성을 알아야

보다 정확한 절삭조건을 구할수 있다.

따라서 매트릭스의 절삭에 있어서 표면거칠기에 미치는 절삭조건을 분석하고 절삭공구재료의 최적조건을 구해야 한다.

본 연구에서는 에폭시수지 절삭가공시 고려해야할 여러 인자들 중 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이에 의한 표면거칠기 변화와 Insert tip의 재종에 따른 표면거칠기의 변화 원인을 분석하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2-1 실험장치

Fig. 1은 본 실험에서 사용한 절삭 실험 장치를 나타낸 것으로 통일중공업의 TNL35 CNC선반에서 시편을 가공후 가공물의 표면거칠기는 Mitutoyo, Co.의 Surftester 402를 사용하여 측정하였다. Photo.1은 본 실험에 사용된 표면거칠기 테스터기를 나타낸 것이다.

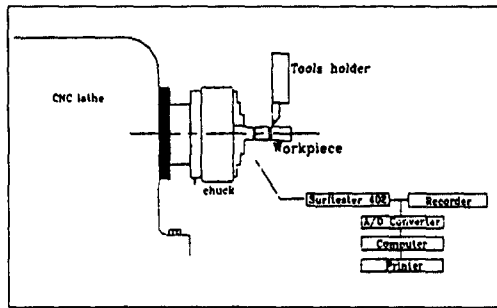


Fig. 1 Schematic of the machine set-up

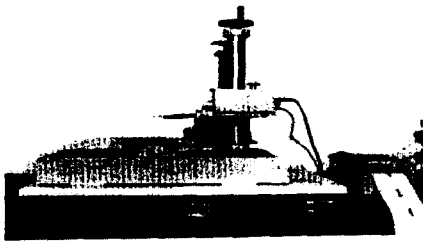


Photo. 1 Surface roughness tester

2-2 시 편

본 연구에서는 국도화학의 KBR-1728의 에폭시 수지를 소재로 하여 KBR-1085의 경화제와 KBH-1086의 촉진제와의 비율을 100:85:2로 30분 정도 혼합하여 틀에 수지를 주입하고 증탕처리를 통해 기포를 완전히 제거한후 건조로에서 100℃에서 2시간, 120℃에서 2시간, 150℃에서 1시간동안 건조시키고 노중냉각처리를 하였다.

다시 직경 45mm, 길이 110mm으로 가공하여 Photo. 2와 같은 시편을 제작하였다.

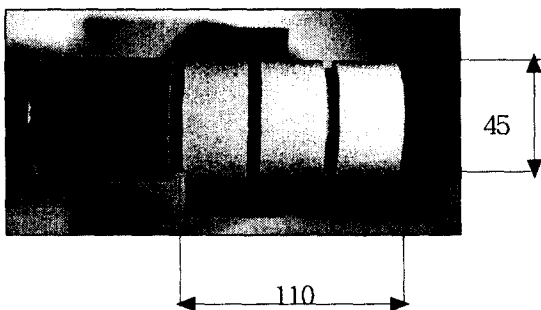


Photo. 2 Specimens

2-3 절삭공구 및 Insert tip

절삭공구는 대한 중석의 초경공구인 DCMT11 T304KT150, DCMT11304 KT110와 써멧공구인 DCMT11304 CT20을 사용하였으며 SDJCR2525M 11의 공구홀더를 사용하였다.

2-4 실험 조건

실험 조건은 바이트의 재종 KT110, KT150, CT20으로 공구 홀더 SDJCR2525M11을 사용하여 절삭속도를 70에서 420m/min까지, 이송속도를 0.15에서 1.0mm/rev 까지, 절삭깊이를 0.1에서 1.0mm까지 변화시키면서 절삭 실험을 하였다.

Table 1에 본 실험의 절삭 조건을 나타내었다..

Table 1 Cutting conditions

| Tool | Cutting speed (m/min) | Feed rate (mm/rev) | Depth of cut (mm) |
|-------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| KT110 | 70 | 0.15 | 0.5 |
| | 140 | | |
| | 280 | | |
| | 350 | | |
| | 420 | | |
| KT150 | 70 | 0.15 | 0.5 |
| | | 0.3 | |
| | | 0.4 | |
| | | 1.0 | |
| CT 20 | 70 | 0.5 | 0.1 |
| | | | 0.2 |
| | | | 0.3 |
| | | | 0.4 |
| | | | 0.5 |
| | | | 1.0 |

3. 실험 결과 및 고찰

3-1 절삭속도 변화에 따른 표면거칠기 변화

절삭속도의 변화에 따른 표면거칠기 실험에 있어서 절삭공구 KT150, KT110 및 CT20을 사용하여 절삭깊이 0.5mm, 1.0mm, 이송속도 0.15mm/rev 및 0.30mm/rev의 두가지로 한 뒤 절삭속도를 70, 140, 210, 350, 420m/min로 변화시켜서 절삭가공한 후 표면거칠기를 측정하였다.

절삭속도에 따른 표면거칠기의 변화를 종합해 볼 때 절삭속도가 증가함에 따라 표면거칠기가 거칠어짐을 볼 수 있는데 이는 금속절삭과 달리 절삭속도가 증가함에 따라 표면거칠기가 증가하지 않고 공구에 관계 없이 감소하는 경향이 있다. 이는 피삭재의 재질이 열경화성 수지 이므로

절삭속도에 의한 열의 발생이 피삭재의 표면 혹은 공구에 악 영향을 주어 발생하였을 것이라 여겨진다.

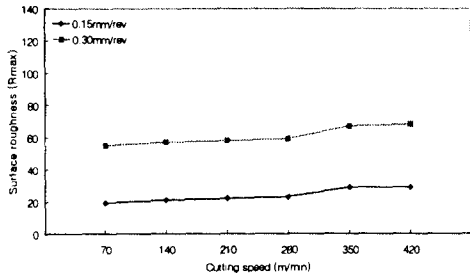


Fig. 2 Cutting speed vs. Surface roughness (at KT110, Depth of cut : 0.5mm)

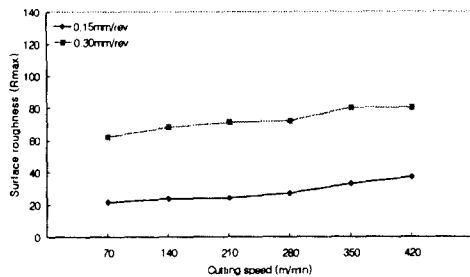


Fig. 3 Cutting speed vs. Surface roughness (at KT110, Depth of cut : 1.0mm)

Fig. 2와 Fig. 3은 KT110공구를 사용했을 때 절삭속도 변화에 따른 표면거칠기의 경향을 나타낸 그림이다. 절삭속도가 증가함에 따라 표면거칠기는 거칠어지며 절삭속도가 70m/min일 때 표면거칠기가 가장 우수하였고, 절삭속도가 280m/min 이하 일 때 표면거칠기의 변화 폭은 작았고 280m/min이상의 절삭속도 영역에서는 표면거칠기의 변화폭이 커짐을 볼 수 있다.

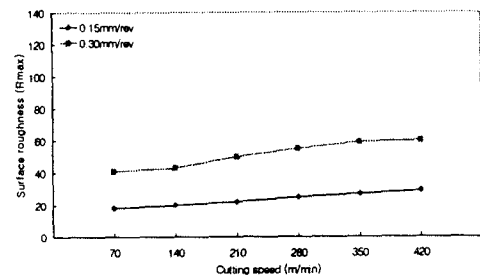


Fig. 4 Cutting speed vs. Surface roughness (at KT150, Depth of cut : 0.5mm)

이송속도가 0.15mm/rev일 때와 절삭깊이가 0.5mm 일 때 표면거칠기가 양호한 면을 얻을 수 있었다.

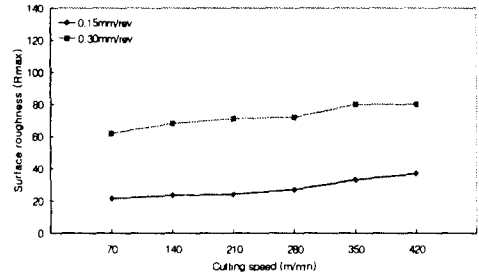


Fig. 5 Cutting speed vs. Surface roughness (at KT150, Depth of cut : 1.0mm)

Fig. 4와 Fig. 5는 KT150공구를 사용했을 때 절삭속도 변화에 따른 표면거칠기의 경향을 나타낸 그림이다. 절삭속도가 증가함에 따라 표면거칠기는 거칠어지며 절삭속도가 70m/min일 때 표면거칠기가 가장 우수하였고, 절삭속도 70m/min 일 때 이송속도에 의한 표면거칠기의 변화의 폭이 매우 크며 이송속도에 의한 표면거칠기의 폭이 절삭깊이에 의한 표면거칠기의 변화의 폭보다 큼을 알 수 있다.

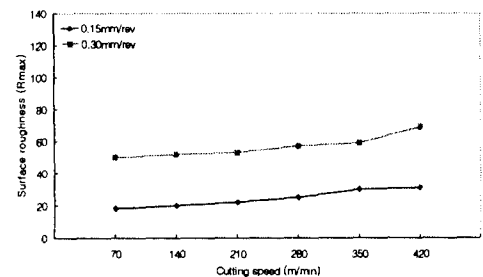


Fig. 6 Cutting speed vs. Surface roughness (at CT20, Depth of cut : 0.5mm)

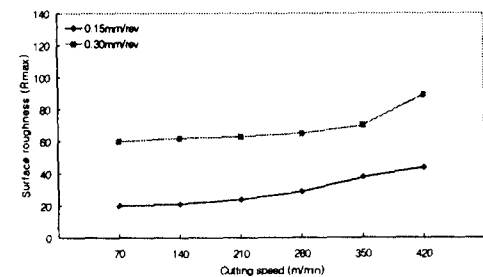


Fig. 7 Cutting speed vs. Surface roughness (at CT20, Depth of cut : 1.0mm)

Fig. 6과 Fig. 7은 CT20공구를 사용했을 때 절삭속도 변화에 따른 표면거칠기의 경향을 나타낸 그림이다.

절삭속도가 증가함에 따라 표면거칠기는 거칠어지며 절삭속도가 70m/min일 때 표면거칠기가 가장 우수하였고, 절삭속도가 280m/min이상의 절삭 영역에서는 절삭깊이에 의한 표면거칠기의 변화의 폭이 점차 커짐을 알 수 있었다.

절삭속도 변화에 따른 표면거칠기의 변화를 Fig. 2에서 부터 Fig. 7에 걸쳐 각 공구별로 보았을 때 절삭깊이 0.5mm이고 이송속도 0.15mm/rev 0.30mm/rev 일 때 KT150공구가 가장 양호한 표면거칠기를 얻을 수 있었으며 절삭깊이 1.0mm이고 이송속도 0.15mm/rev 인 경우 절삭속도가 210m/min 이하인 절삭 영역에서는 CT20 공구의 사용이 가장 양호한 표면거칠기 값을 얻을 수 있었다.

절삭깊이가 1.0mm, 이송속도가 0.30mm/rev의 실험조건에서는 절삭속도 350m/min이하의 절삭 영역에서 CT20공구가 가장 양호한 표면거칠기를 얻었다.

3-2 이송속도 변화에 따른 표면거칠기의 변화
이송속도 변화에 따른 표면거칠기의 실험에 있어서 절삭공구 KT110, KT150 및 CT20를 사용하여 절삭깊이를 0.5mm, 1.0mm, 절삭속도를 70m/min, 210m/min, 이송속도를 0.3, 0.4, 0.5 1.0, 2.0, 3.0mm/rev로 변화 시켜서 실험하였다.

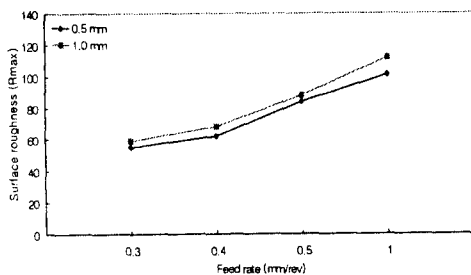


Fig. 8 Feed rate vs. Surface roughness
(at KT110, Cutting speed : 70m/min)

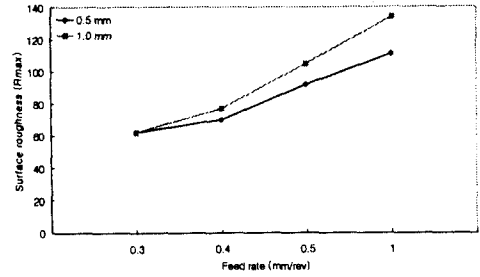


Fig. 9 Feed rate vs. Surface roughness
(at KT110, Cutting speed : 210m/min)

Fig. 8과 Fig. 9는 KT110재종의 이송속도의 변화에 따른 표면거칠기의 변화를 나타낸 그림이다. 이송속도가 증가함에 따라 표면거칠기는 거칠어지며 이송속도가 0.3mm/rev일 때 표면거칠기가 가장 양호하였으며 절삭속도가 70m/min이고 절삭깊이가 0.5mm, 1.0mm 일 때 이송량의 증가에 따른 표면거칠기의 폭이 거의 일정한 폭으로 증가하며 절삭속도가 210m/min이고 절삭깊이가 0.5mm와 1.0mm으로 변화할 때 이송량의 증가에 따른 표면거칠기의 폭이 점차 커지고 있다.

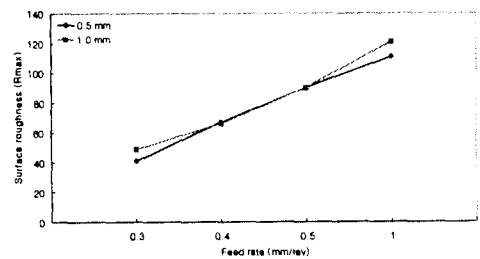


Fig. 10 Feed rate vs. Surface roughness
(at KT150, Cutting speed : 70m/min)

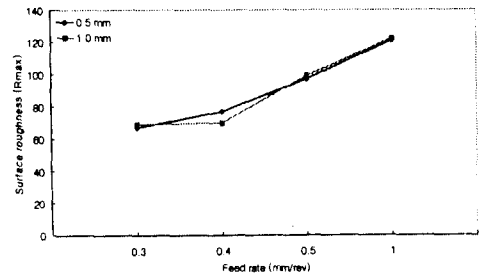


Fig. 11 Feed rate vs. Surface roughness
(at KT150, Cutting speed : 210m/min)

Fig. 3-9와 Fig. 3-10은 KT150재종의 이송속도의 변화에 따른 표면거칠기의 변화를 나타낸 그림이다.

이송속도가 증가함에 따라 표면거칠기는 거칠어지며 이송속도가 0.3mm/rev일 때 표면거칠기가 가장 양호 하였으며 이송속도가 증가할수록 절삭깊이에 대한 표면거칠기의 차가 작아짐을 볼 수 있다.

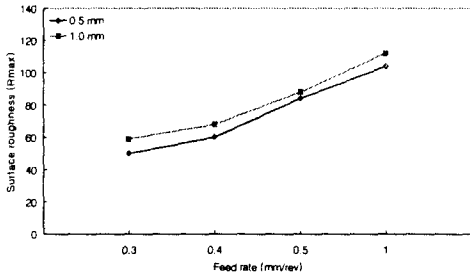


Fig. 12 Feed rate vs. Surface roughness (at CT20, Cutting speed : 70m/min)

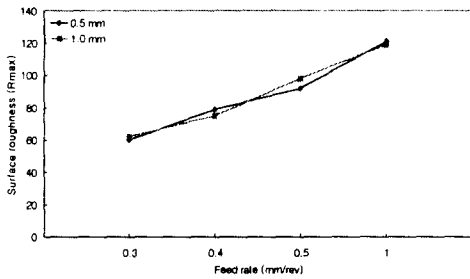


Fig. 13 Feed rate vs. Surface roughness (at CT20, Cutting speed : 210m/min)

Fig. 12와 Fig. 13은 CT20재종의 이송속도의 변화에 따른 표면거칠기의 변화를 나타낸 그림이다. 이송속도가 증가함에 따라 표면거칠기는 거칠어지며 이송속도가 0.3mm/rev일 때 표면거칠기가 가장 양호 하였으며 절삭속도가 210m/min일 때 이송속도가 0.3mm/rev인 경우 절삭깊이에 의한 표면거칠기의 차는 거의 없으나 이송속도가 0.3mm/rev인 경우 절삭깊이에 의한 표면거칠기의 차는 크게 나타난다.

절삭속도가 70, 210m/min이고 절삭깊이가 0.5인 경우 이송속도가 0.3mm/rev에서 KT150공구가 가장 표면거칠기가 양호하였고, 절삭깊이가

1.0mm인 경우는 CT20공구가 가장 양호한 표면거칠기를 얻을 수 있었다.

3-3 절삭깊이 변화에 따른 표면거칠기의 변화

절삭깊이의 변화에 따른 표면거칠기의 실험에 있어서 절삭공구 KT110, KT150, CT20를 사용하여 절삭속도 70m/min, 이송속도 0.5mm/rev, 1.0mm/rev로 절삭깊이를 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 2.0mm로 변화시켜서 실험을 하였다. 절삭깊이에 따른 표면거칠기의 변화는 Fig. 14, 15, 16에 나타내었다.

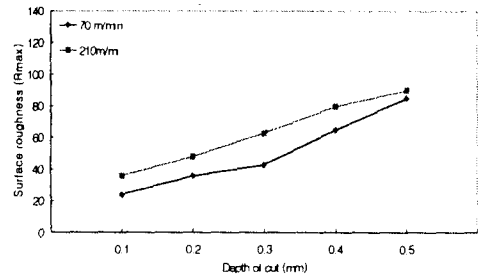


Fig. 14 Depth of cut vs. Surface roughness (at KT110, Feed rate : 0.5mm/rev)

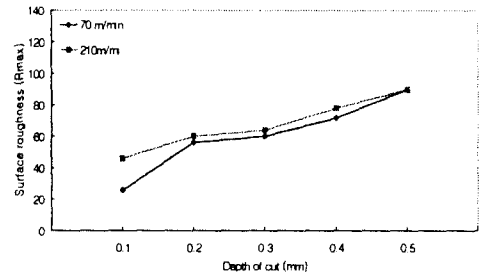


Fig. 15 Depth of cut vs. Surface roughness (at KT150, Feed rate : 0.5mm/rev)

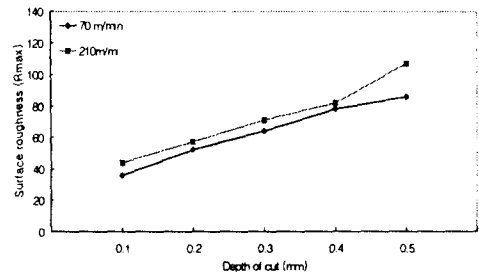


Fig. 16 Depth of cut vs. Surface roughness (at CT20, Feed rate : 0.5mm/rev)

Fig. 14, 15, 16은 절삭깊이의 변화에 따른 표면거칠기의 변화를 절삭속도의 차에 의해 나타낸 그림이다. 절삭깊이가 증가함에 따라 표면거칠기는 거칠어지며 절삭깊이가 0.1mm일 때 표면거칠기가 가장 양호하였으며 CT20공구를 사용해 절삭속도 70m/min, 절삭깊이 0.1mm, 이송속도를 0.5mm/rev를 사용했을 때 가장 양호한 표면거칠기를 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 실험을 통해 얻어진 결론은 다음과 같다

1. 고분자 재료인 에폭시 수지 절삭가공시 절삭속도가 증가함에 따라 가공면의 표면거칠기는 매우 거칠었으며 70m/min의 저속의 영역에서 비교적 양호한 표면거칠기를 얻을 수 있었고, 이송속도의 증가에 따른 표면거칠기는 이송속도의 증가에 따라 표면거칠기도 증가하였고 이송속도 0.3mm/rev 일때가 가장 양호한 면을 얻을 수 있었다.
 절삭깊이에 따른 표면거칠기는 절삭깊이가 증가 할수록 표면거칠기는 거칠었으며 0.1mm의 조건에서 가장 우수한 표면거칠기를 얻을 수 있었다.
 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이의 실험 인자 중 금속의 절삭가공시와 같이 이송속도 변화가 표면거칠기에 가장 큰 영향을 주었다.
 금속의 절삭가공과는 달리 열경화성 수지인 에폭시수지 절삭가공시 절삭속도의 증가는 표면거칠기가 거칠어지는 경향을 보였다.
2. 절삭속도에 따른 가공면의 상태에서 70m/min의 절삭속도에서 가장 양호한면을 얻을 수 있었다. 이송속도의 따른 가공면의 상태에서는 CT20공구를 사용하였을 경우가 가공면의 탈락이나 그 분포가 작았으며 0.3mm/rev가 가장 우수하였다. 절삭깊이에 따른 가공면의 상태에서 절삭깊이가 0.1mm일때가 가장 우수하다.

3. 절삭속도에 따른 칩의 형상에서 CT20공구는 350m/min로 유효 절삭범위가 가장 넓었다. 이송속도에 따른 칩의 형상에서 CT20공구를 사용할 때 0.5mm/rev 이하의 절삭 영역에서 칩의 형상이 양호하였고 절삭깊이가 1.0mm이하에서 CT20공구를 사용할때 유효한 절삭 영역이다.

5. 참고 문헌

1. Keizo Sakuma, Masafumi Seto, Tool wear cutting glass-fiber reinforced plastics, Vol.26, No.218, pp. 1420-1427, 1983
2. D.H.Wang, M.Ramulu, D.Arola, Orthogonal cutting mechanisms of Gr/Epoxy composite. Part I : Undirectional laminate, Int. J.Mach. Tools Manufact, Vol.35, No.12, pp. 1623-1638, 1995
3. D.H.Wang, M.Ramulu, D.Arola, Orthogonal cutting mechanisms of Gr/Epoxy composite. Part II : Multi-directional laminate, Int.J.Mach. Tools Manufact, Vol. 35, No. 12, pp. 1639-1648, 1995
4. H. Inoue, T. Yuge and I. Kawaguchi, Effect of fiber direction on the cut surface finish of Aluminum alloy reinforced with fiber of cabon, JSME, Vol. 61, No.2, pp. 223, 1995
5. S. Vajpayee, Analytical study of surface roughness in turning, wear, Vol. 70, pp. 165-175, 1981
6. C. Spanns, Asystematic approach to three dimensional chip curl, chip breaking and chip control, SME paper, pp. 70-241,1978
7. W.Kluft and W.Koning, Present knowledge of chip control, Annals of the CFRP, Vol. 28, pp. 441-455, 1978