

CFRP 복합재료의 배열각에 따른 드릴가공에 관한 연구

정성택* , 박종남(조선대 대학원 기계공학과), 조규재(조선대 기계공학부)

A Study on the Drilling CRRP Composite laminates fabricated with Orientation Angle

S. T. Jung(Mechanical. Eng. Dept. CSU), J. N. Pak(Mechanical Eng. Dept., CSU), K.J.Cho(Mechanical Eng. Dept, CSU)

ABSTRACT

In recent days the more use of CFRP composite is in the airplane, automobile, and sport goods , etc., the more necessity of research on it in this engineering. In this research, the CFRP composite specimen are fabricated by 48 CFRP plies with 8 orientation angles, and the specimens are drilled with 3 tools. The results are analyzed with consideration of cutting force, type of tools and fabrication condition. The specimens with each drilling conditions are also investigated with SEM. The optimal drilling conditions such as drill types and cutting force with respect to the fabricating condition are studied.

Key Words : Carbon Fiber Reinforced Plastics (탄소섬유 강화 플라스틱), Cutting force (절삭력), Orientation angle(배열각)

1. 서론

산업사회의 발달과 함께 공작기계에서는 이미 고정밀도와 높은 생산성을 위한 노력이 계속 되어지고 있으며, 생산되는 제품에 대해서도 정밀도를 비롯한 높은 내구성을 가진 경량의 재료인 신소재에 관심이 높아져 이에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 특히 기지가 열경화성수지로 이루어진 복합재료는 기계적 화학적 성질이 비교적 양호한 에폭시 수지를 기지로하여 여기에 물리적 성질이 우수한 탄소수지를 사용한 탄소수지 에폭시 복합재료(carbon fiber epoxy composites materials)이다. 이러한 복합재료는 금속재료에 비해 높은 비강성(E/p)과 비강도(St/p), 내 마멸성, 피로특성등 기계적 성질이 우수하고, 금형이 준비되면 정형가공을 할 수 있어서, 각 종 기계부품을 비롯하여 자동차의 내장재와 구조재, 우주항공산업, 건축 구조물, 선박재료, 스포츠 용품, 장난감 자동차등 다양한 분야에서 이용이 증가되고 있다. 항공기나 장난감 자동차, 의공용품등을 복합재료로 제작

할 경우에는 다른 금속이나 다른 복합재료 부품들에 결합시켜야 한다. 이러한 결합방법으로는 본딩이나 접합, 체결등의 방법이 있다. 볼트를 사용하여 체결하기 위해서는 구멍을 가공하는 작업이 요구되고, 또한 정밀한 부품을 위해서는 성형후 추가적인 가공이 필요하게 된다. 복합재료(CFRP)를 일반 가공이나 드릴링을 하였을 때 절삭날의 입구와 출구 등에서 각 플라이(ply)들의 분리, 재료내부의 층간 박리, 가공면 가장자리나 벽면에서 수지 및 레진(resin)이 찢겨지는 등의 결함을 가지고 있다. 이러한 결함을 최소화 하고 생산성 있는 가공을 하기 위해서는 복합재료 가공에 대한 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 복합재료를 성형하기 전에 적층각을 달리하여 성형한 후 가공상태 및 절삭력을 측정하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 연구에 사용한 시험편은 한국화이버쥬에서 생산한 일 방향 Carbon Fiber/Epoxy Resin 프리프레그 시트(CU125NS)48 매펀 각기 다른 배열각으로 hand lay-up 방법을 통해서 적층하였다. 시험편의 성

책임저자의 소속

* 저자 1의 소속

** 저자 2의 소속

형은 Photo.1 과 같은 오토클레이브(autoclave)를 이용하였으며, 성형조건은 Fig. 1 처럼 챔버 내부 둘레에 위치한 히터에 의해 경화점 온도 130℃, 경화시간을 90 분으로 하여 제작하였으며, 성형시에 진공 펌프에 의해서 진공백 속을 10^{-10} Pa 까지 진공 시킨 후 컴프레셔에 의해서 진공백의 외측으로부터 3×10^5 Pa 정도 가압시켜 제작하였다. 성형된 재료는 다이아몬드 휠 커터를 이용하여 40mm×40mm 크기로 절단하였다.

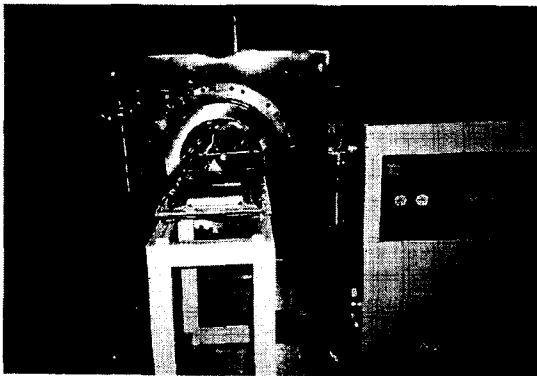


Photo. 1 Autoclave

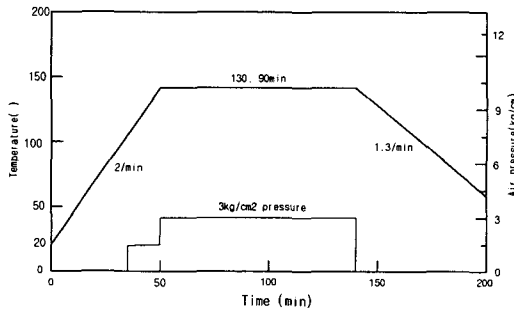


Fig. 1 Curing cycle of CFRP specimen

본 연구에 사용한 실험장치는 머시닝센터(HWACHON-HIPLUS)이고, photo2 와 같으며 바이스 위에 자체 제작한 지그를 고정시키고 지그에 피삭재를 고정시켰다. 절삭력 측정은 회전공구 동력계(Kistler, type 9123C)인 절삭력 감지 시스템(Real-time Monitoring System)을 이용하여 무선 데이터 전송 방식으로 절삭가공시에 공구와 공구날에 미치는 힘을 증폭기(Charge amplifier)로 증폭하여 데이터 레코더에 기록한 다음 검출된 신호를 증폭하여 Dynaware(Kistler, type2825A)를 이용하여 A/D 변환 후 컴퓨터에서 데이터처리 하여 토크(torque)와 트러스트(thrust)값을 측정하였다.

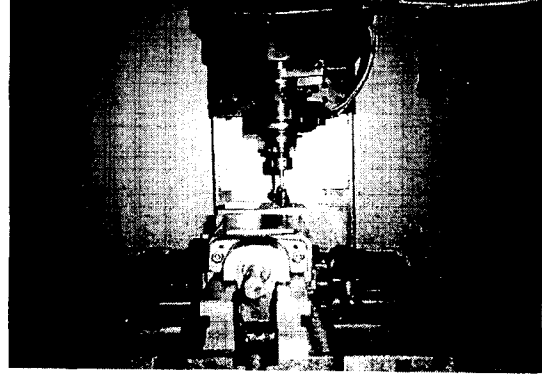
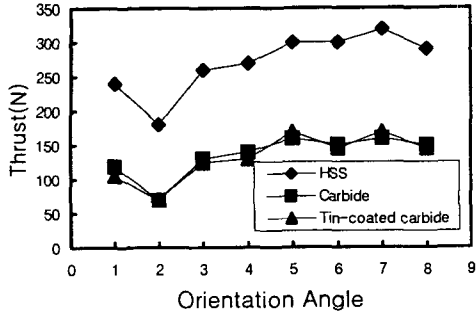


Photo.2 Experimental apparatus

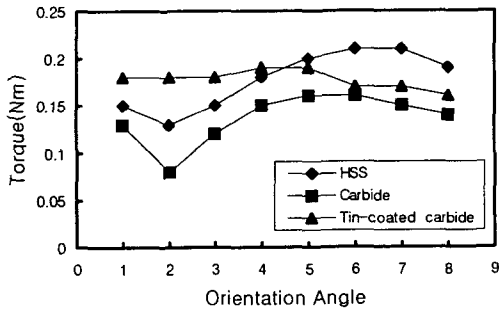
실험조건은 드릴의 이송속도를 5, 10, 25, 40, 60mm/min 으로 하였으며, 절삭속도는 31.4, 47.1, 62.8m/min 로 하였다. 또한 CFRP 복합재료의 배열각은 1: 0/90/0/90, 2: 0₂/90₂/0₂/90₂, 3: 0₆/90₆/0₆/90₆, 4: 0/45/90/-45, 5: 0/-45/0/45, 6: 0₂/45₂/90₂/-45₂, 7: 0₃/45₃/90₃/-45₃, 8: 0₆/45₆/90₆/-45₆ 번의 의사등방성과 직교이방성으로 하였으며, 성형된 복합재료의 두께는 5mm 로 하였다. 사용된 드릴은 직경이 10mm 인 고속도강드릴, 초경드릴, TiN-코팅된 초경드릴등 세 종류를 사용하였으며, 드릴가공은 건식상태에서 실시하였다.

3. 적층각에 따른 절삭력 측정

CFRP복합재료를 배열각이 직교이방성인 1:0/90/0/90, 2:0₂/90₂/0₂/90₂, 3:0₆/90₆/0₆/90₆, 과 의사등방성인 4:0/45/90/-45, 5:0/-45/0/45, 6:0₂/45₂/90₂/-45₂, 7:0₃/45₃/90₃/-45₃, 8:0₆/45₆/90₆/-45₆ 을 절삭실험한 결과 직교이방성보다 의사등방성 배열각이 트러스트와 토크값이 더 많이 발생됨을 알 수 있었다. 또한 Fig. 2의 그림과같이 0₂/90₂/0₂/90₂의 배열각이 절삭력이 가장 적게 발생되고, 0₂/45₂/90₂/-45₂과 0₃/45₃/90₃/-45₃의 배열각이 트러스트값이 가장 많이 발생됨을 알 수 있었다. 트러스트값은 고속도강 드릴이 다른 드릴에 비해 많이 발생되며 복합재료의 가공상태도 좋지않으며 출구부에 심한バリ현상이 발생함을 알 수 있었다. 반면 일반 금속재료 가공시와는 달리 토크값은 코팅드릴보다 초경드릴이 더 양호한 값을 나타냈으며, 복합재료의 가공상태도 더 양호함을 알 수 있었다. 초경드릴이나 TiN코팅된 초경드릴은 트러스트값이 거의 비슷하게 나타나고 있다. 하지만 토크값은 초경드릴이 가장 양호한 값을 나타내고 있다.



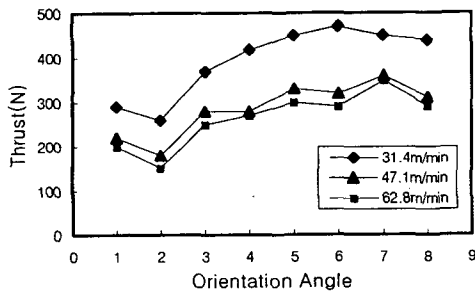
(a) Thrust force (F=10mm/min, N=1000)



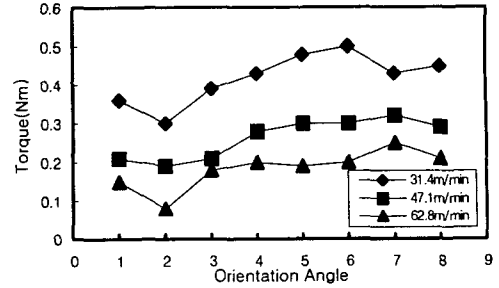
(b) Torque force (F=10mm/min, N=1000)

Fig. 2 Relation between cutting resistance and orientation angle for each drill materials

Fig. 3은 절삭속도를 31.4, 47.1, 62.8m/min로 하고, 이송속도를 25mm/min으로 고정시킨 상태에서 직경이 10mm인 고속도강 드릴로 가공했을때의 트러스트값과 토크값을 나타내고 있다. 그럼에서 절삭속도가 31.4m/min일 때는 절삭력이 크나 47.1m/min와 62.8m/min일때는 거의 유사함을 나타내고 있다. 또한 배열각에 따라서도 약간의 절삭력 차이가 나타남을 알 수 있었다.



(a)Thrust force (F=25mm/min)

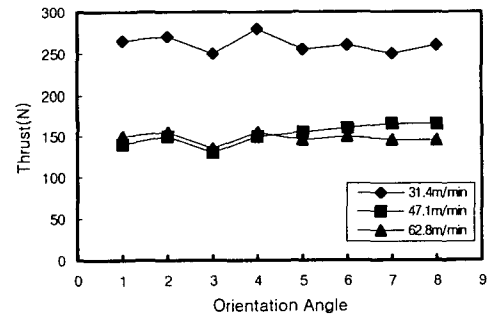


(b) Torque force (F=25mm/min)

Fig. 3 Relation between cutting resistance and orientation angle(HSS drill)

Fig. 4는 초경드릴로 가공했을 때의 절삭력 값들을 나타내고 있다.

초경드릴로 가공했을때 가공면이나 출구부의 박리 현상이 가장양호함을 알 수 있었고, 절삭속도가 31.4m/min일때는 트러스트값이 많이 발생하나 47.1m/min이상일때는 절삭속도에 관계없이 트러스트값이 거의 일정함을 나타내고 있다. 하지만 토크값은 절삭속도의 변화에 따라 토크값이 변화함을 알 수 있었다. 하지만 배열각에 따라서는 절삭력의 변화가 거의 발생하지 않았다.



(a)Thrust force (F=25mm/min)

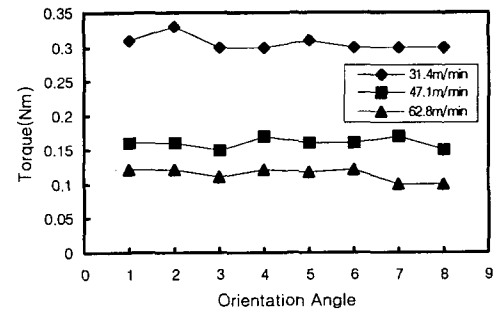
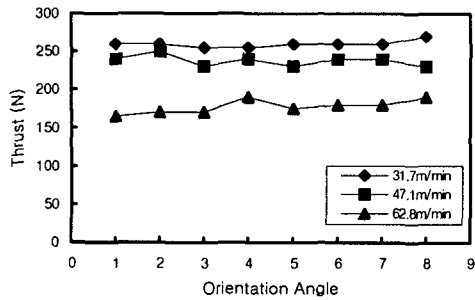
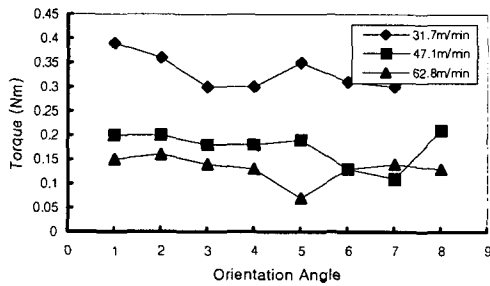


Fig. 4 Relation between cutting resistance and orientation angle(Cemented carbide drill)



(a) Thrust force(F=25mm/min)



(b) Torque force(F=25mm/min)

Fig. 5 Relation between cutting resistance and orientation angle(TiN-coated drill)

Fig. 5는 TiN코팅된 초경드릴로 각기 다른 배열각을 가진 복합재료를 가공했을 때의 절삭력 상태를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 절삭속도가 47.1m/min일 때는 초경드릴보다 훨씬 큰 스러스트 값이 걸리고 가공된 면의 상태도 더 불량함을 알 수 있었다. 하지만 배열각에 따라서는 절삭력이 거의 유사함을 알 수 있었다.

4. 결론

- CFRP 복합재료의 드릴링 가공시 배열각을 직교이방성으로 했을 때보다 의사등방성으로 배열했을 때 스러스트력과 토크력이 더 많이 발생함을 알 수 있었다.
- 탄소수지의 적층을 48 플라이로 했을 때 적층각도가 0₃/45₃/90₃/-45₃ 일 때 가장 큰 절삭력이 발생하고, 0₂/90₂/0₂/90₂ 일 때 절삭력이 가장 적음을 알 수 있었다.
- 금속재료 가공시와는 달리 초경드릴이 TiN 코팅된 초경드릴보다 가공상태도 양호하고 절삭력도 더 적게 발생함을 알 수 있었다.
- 복합재료의 배열각에 따라서 고속도강 드릴은 절삭력의 차이를 나타내고 있지만 초경드릴이나 TiN 코팅된 초경드릴은 절삭력이 거의

유사함을 알 수 있었다.

참고문헌

- Sreejith PS, Krishnamurthy R, Narayanasamy K, Malhotra SK, "Studies on the machining of carbon phenolic ablative composites", *Journal of Materials Processing Technology* , V.88 N.1-3 , 43-50 , 19990415
- Ferreira JR, Coppini NL, Miranda GWA, "Machining optimisation in carbon fibre reinforced composite materials", *Journal of Materials Processing Technology* , V.92-93 , 135-140 , 19990830
- Rahman M, Ramakrishna S, Prakash JRS, Tan DCG, "Machinability study of carbon fiber reinforced composite", *Journal of Materials Processing Technology* , V.89-90 , 292-297 , 19990519
- Chen WC, "Some experimental investigations in the drilling of carbide of carbon fiber-reinforced plastics(CFRP) composite laminates", *International Journal of Machine Tools & Manufacture* , V.37 N.8 , , 19970801
- S.Jain,D.C.H, Yang, "Effect of feedrate and chisel edge on delamination in composites drilling." *Journal of Engineering for industry*, Transactions of the ASME.Vol.115,Nov.1993, 398-405
- M.Ramulu, D.Arola,K.Colligan, "Preliminary investigation of machining effects on the surface integrity of fiber reinforced plastics."Engineering systems design and Analysis. ASME1994, New York, USA. PD Vol.64-2.93-101.
- H.Ho-Cheng and C. K. Dharan, "Delamination during drilling in composite laminates", *Transaction of the ASME, Journal of Engineering for Industry* 112, 236-239(1990)Font: Times New Roman 9pt. Tlusty, J., Smith, S., and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," *Annals of the CIRP*, Vol. 39, pp. 517 - 521, 1990.