나노 복합재 적층 시스템을 이용한 기능성 경사 지지체 제작

Fabrication of Functionally Graded Scaffold Using Nano Composite Deposition System

***김지수 [1], 김형중 [1], 윤해성 [1], #안성훈 [2]**

* Ji-Soo Kim[1], Hyung-Jung Kim[1], Hae-Sung Yoon[1], and #Sung-Hoon Ahn(ahnsh@snu.ac.kr)[2]

[1]서울대학교 기계항공공학부, [2]서울대학교 기계항공공학부, 정밀기계설계공동연구소

Key words : Functionally Graded Scaffold, Fused Deposition Method, Mechanical Property

1. 서론

쾌속조형기술 (Rapid prototyping) 은 3 차원 CAD 모델을 기반으로 자동화된 공정계획과 빠른 공정속도로 인해, 단시간에 하나의 제품을 제작할 수 있는 공정으로 시작품 제작과 설계평가 등 여러 분야에서 높은 실용성이 검증되었다[1].

쾌속조형 기술을 이용하여 제작할 수 있는 구조중에는 지지체 구조 (Scaffold) 가 있다. 지지체 구조란 어떠한 구조체를 만들기 위해서 임시로 구조를 지지하기 위해서 만드는 구조체이다. 이런 이유에서 최소한의 부피를 이용하여 구조를 지지하는 형상을 지니게 된다. 내부에 빈공간이 많은 구조적 특성 때문에, 지지체 구조를 섬유상(Fiber phase) 으로 생각하고, 수지상 (Matrix phase) 역할을 해줄 수 있는 부분을 넣어준다면 쉽게 복합재를 제작할 수 있다.

이러한 지지체 구조를 복합재 제작에 사용할 경우, 다음과 같은 장점이 있다.

쾌속조형 공정을 사용할 수 있기 때문에, 기존의 복합재 제작공정에 비해 형상의 제약이 적고, 공정을 자동화시키기 쉽다.

또한 경로 수정을 통해 간단하게 구조체의 물성을 바꿔줄수 있다. 2003 년 Rodrıguez 등은 FDM (Fused Deposition Method) 공정을 이용하여 만든 ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) 지지체 구조의 물성을 이론적으로 계산했으며, 결과는 10% 안에서 실제 물성과 일치하였다[2]. 이러한 지지체구조의 구조에 대한 이론적 계산방법과 물성 예측은 복합재에서도 그대로 사용될 수 있다.

2000 년 Jafari 등은 FDM 공정을 이용, 3 가지의 서로 다른 세라믹 재료를 적층하여 복합재를 제작하는데에 성공하였다[3]. 하지만 FDM 공정만으로 복합재를 제작하게 되면 공정 특성상 내부에 공극과 같은 결함이 발생하게되고, 또한 공정시간이 길어질수 있으며 대량생산이 어렵다는 단점이 있다.

이런 단점을 극복하기 위해 본 연구에서는 FDM 공정을 이용하여 지지체를 제작하고, 이를 경화가능한 액체에 함침한 후, 지지체를 섬유상으로, 경화된 액체를 수지상 으로 하는 복합재를 제작하고자 한다.

2. 복합재 제작 공정

복합재 제작공정은 다음과 같다. 우선 쾌속조형 시스템인 나노 복합재 적층 시스템 (Nano Composite Deposition System) 을 이용하여 원하는 형상을 지닌 지지체 구조체를 제작했다. 이때 지지체 구조의 재료로는 열 가소성 고분자인 ABS 를 사용하였다. 그 후, 제작된 지지체 구조체를 PDMS (Polydimethylsiloxane) 에 함침시켰다. PDMS 는 실리콘 중합체로써 원래는 점성이 높은 액체이지만 경화제와 혼합될 경우 100℃에서 45 분후 경화되는 물질이다. 이 과정에서 아직 경화되지 않은 PDMS 액체가 지지체 구조사이의 공간으로 침투하여 지지체구조와 결합하게 된다. 이 과정을 통해 복합재가 제작되었다. Fig.1 은 본 공정에서 지지체 구조를 제작하는데에 사용한 나노 복합재 적층 시스템이다.

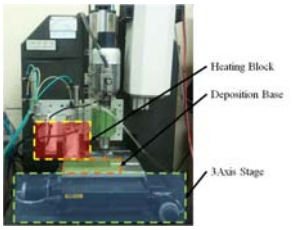

Fig. 1 Nano Composite Deposition System

3. 시편 및 물성평가

제작된 시편은 Fig.2 와 같다. 제작된 시편의 크기는 30mm X 5mm X 1mm 이며, 50%, 100%, 150%의 서로 다른 크기의 공극을 가지고 있는 3 가지 시편이 제작되었다. Fig.3 은 광학현미경으로 촬영한 시편의 표면사진으로 ABS 로 .이뤄진 지지체 구조 내부의 공간을 PDMS 가 침투하여 채우고 있음을 확인할 수 있다.

Fig.2 Specimen

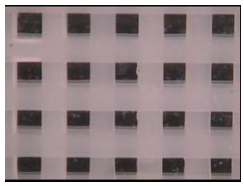

Fig.3 Surface of specimen (100% air-gap)

제작된 시편의 파단 강도를 인장시험을 통해 측정하였다. 시편의 인장속도는 2mm/min 이었으며, 인장실험 결과는 Fig.4 과 같다.

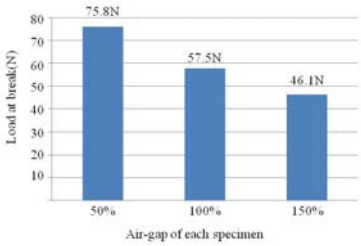

Fig. 4 Result of tensile test

Fig. 4 에서 확인할 수 있는 것 처럼, 지지체 구조의 공극의 크기가 커질수록, 복합재의 항복강도가 감소하는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 쾌속조형기계인 나노 복합재 적층 시스템을 이용하여 원하는 크기의 공극을 갖는 지지체 구조를 열가소성 고분자인 ABS 로 제작하였고, 제작한 지지체 구조를 경화 가능한 실리콘 중합체인 PDMS 에 함침함으로써 복합재를 제작하였다. 지지체 구조 내부 공간은 PDMS 가 침투하여 매우고 있었고, 이를 통해 쾌속조형기술로 복합재를 제작할 경우 복합재 내부에 빈공간이 생기는 문제점을 해결할 수 있었다. 또한 지지체 구조 내부 공극의 크기에 따라서 복합재의 물성이 바뀌는 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (No. 2009-0087640) 과 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업 (No. 2009-0082824) 의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Haefliger, D., Cahill, B.P. and Stemmer, A., "Rapid Prototyping of Micro-Electrodes on Glass and Polymers by Laser-Assisted Corrosion of Aluminum Films in Water", Microelectronic Engineering, 67-68, 473-478, 2003
2. J. F. Rodríguez, J. P. Thomas and J. E. Renaud, “Mechanical behavior of acrylonitrile butadiene styrene fused deposition materials modeling”, Rapid Prototyping Journal 6, 219-230, 2003
3. Jafari, M.A., Han, W., Mohammadi, F., Safari, A., Danforth, S.C. and Langrana, N., "A Novel System for Fused Deposition of Advanced Multiple Ceramics", Rapid Prototyping Journal, 6, 3, 161-175, 2000