

열팽창 치공구를 이용한 복합재료 가공공정

고성능 섬유보강 복합재료(High performance fiber reinforced composites)는 무게, 부식, 강도, 탄성, 피로강도 등의 기계적 물성이 금속재료에 비교될 만큼 우수하고, 가공 및 디자인에 있어서 유연성이 우수하기 때문에 다양한 용도의 구조 재료로서 계속 그 사용 범위를 넓히고 있다. 현재 복합재료는 직접 하중을 받는 1차 구조물로 사용되기 시작하면서 고기능화 고성능화 되는 추세에 있다.

그 중에서 현재 항공기용 복합재료 구조물은 복합재료와 관련된 제반 기술을 선도하면서 프리프레그/오토클레이브(pregreg/autoclave) 공정에 의하여 주로 제작되고 있다. 비록 이 공정으로 가장 안정하게 우수한 품질의 복합재료를 생산할 수는 있지만 장치가 매우 고가이고 노동인력이 많이 요구되는 등 생산성이 매우 낮다고 지적되어 왔다. 이와 더불어 항공기의 러더(rudder) 등과 같은 3차원의 복잡한 구조물에서는 모든 부위를 균일하게 consolidation을 시키기가 어렵고 그것을 조절, 향상시키는 데에도 어려움이 있는 것으로 지적되어 왔다. 특히 부품이 크고 복잡한 경우에는 더욱 어려움이 큰데, 예를 들어 항공기의 러더, 에일러론, 스포일러, 플랩 등의 구조물은 매우 유사한 구조형태를 띠고 있으나 이들이 고성능 민항기에 사용되는 경우에는 구조가 복잡해지고 크기가 커짐으로 해서 cocuring공정을 수행하는 것이 필요하고 이때에는 이미 지적된 바와 같이 균일한 consolidation이 심각한 문제로 대두되는 것이다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 본고에서는 열팽창몰드 방법(thermal expansion molding method)을 소개하고자 한다.

이 방법은 열팽창계수의 차이가 큰 두 재료를 사용하는데 온도변화에 따른 체적변화의 차이를 이용하여 성형에 필요한 압력을 생성하는 것이다. 이것은 고무치공구와 금속 몰드 사이에 프리프레그를 넣어 팽창하는 고무 치공구의 부피가 압력을 생성시키게 한다는 점에서 Trapped Rubber System이라고도 불린다. 이 고무 치공구의 configuration에 대하여 그림 1에 정리해 보았다. 그림 2는 이러한 가공과정을 도식화한 것이다. 복합재료의 가공 시에는 높은 성형온도 T_2 가 필요한데 이로 인하여 고무 치공구와 금속 몰드는 열팽창을 하게 된다. V^R_2 와 V^M_2 는 가공온도 T_2 에서의 고무 치공구와 몰드의 부피를 나타낸다. 금속에 비해 열팽창계수가 10배 이상 큰 고무 치공구의 부피팽창은 갇혀진 몰드 안에서 압력을 생성시키게 된다. 이 때 형성되는 압력을 P_2 로 나타내면 이 압력은 고무 치공구에 hydrostatic pressure를 가했을 때 가한 압력과 줄어드는 부피와의 관계에서 정의되는 bulk modulus와 고무 치공구와 금속 몰드 사이의 부피팽창의 차의 비의 곱으로 구할 수 있다. 따라서 금속 몰드와 고무 치공구의 열팽창계수와 고무 치공구의 bulk modulus를 이용해 가공온도에서의 생성되는 압력을 구할 수 있게 된다.

이 압력에 의해 결국 void가 감소하게 되며 균일한 압력을 가할 수도 있게 된다. 균일한 압력은 성형 시 표면에 생기기 쉬운 wrinkling 현상이나 각도가 있는 복합재료 성형에서는 mold 각보다 적게 성형이 되는 spring-back 현상 그리고 모서리 부분에 흔히 발생하는 resin starvation현상 등을 줄일 수 있다고 여겨진다. 이 공정은 제조할 부분의 형식이 복잡한 경우 외에도 크기가 큰 경우에 bagging 없이도 가공이 가능하다는 장점이 있고 온도가 올라감에 따라 압력이 생성되는 것이기 때문에 적절한 고무 치공구를 선정하면 원하는 만큼 높은 압력을 생성시키는 것도 가능하다. 또한 조작 및 적층이 매우 간단하여 안전하고 경제적인 공정이며 사용한 고무 치공구의 재사용이 가능하다는 면에서도 다른 복합재료 성형법보다 우수한 장점을 가지고 있다. (화학공학 제36권 제4호 1998년 8월)

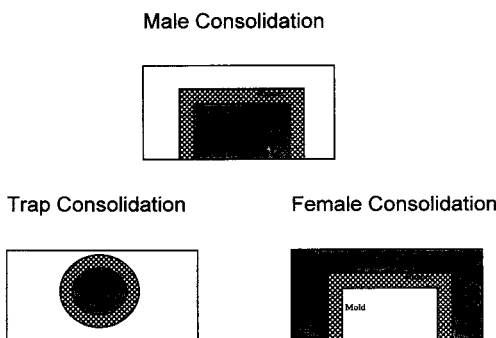


그림 1. Rubber tool configuration : ■ Rubber tool, ■ Prepreg, □ Mold.

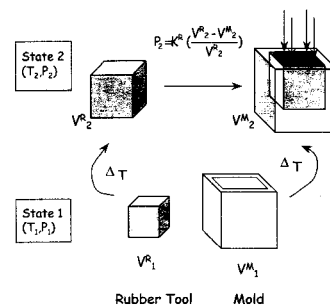


그림 2. Schematic representation of thermally-expanding rubber tool and mold resulting in thermal pressure P_2 by ΔT increase.

(성균관대학교 고분자공학과 남재도)