

두꺼운 복합재료 적층판의 공정변수 연구

(A Study on the Process Parameters for the Thick Composite Laminate)

한국항공대학교 항공재료공학과: 강길호, 최원종

1. 서론

Autoclave를 이용하여 두꺼운 복합재료 적층판을 성형할 때 복합재료의 낮은 열도도로 인하여 part의 표면과 중앙에 온도차이가 발생하여 불균일 압착되거나 내부에 기공이 발생되기 쉽다. 특히 경화시 발생된 열로 part의 중앙이 모재의 열화온도 이상으로 올라가 모재를 손상시키는 overshoot현상이 일어나기 쉽다. 일반적으로 두꺼운 적층판의 경우 2-step 경화사이클을 통하여 part를 제작하게 되는데 경화사이클 전 과정을 살펴볼 때 vacuum 및 pressure가 경화사이클 초기과정에서 큰 역할을 하게 된다. Autoclave 가동시간은 경제성 및 생산성과 직결되는 문제이므로 불필요한 가동시간을 되도록 줄여야 한다. Autoclave를 이용한 복합재료의 제조과정은 재료의 개질 상태와 제조회사에 따라 많이 달라지므로 아직까지 통합적인 방법이 없는 실정이다. 본 연구에서는 비교적 간단한 열분석 실험과 경화공정 실험을 통하여 autoclave에서 압착 및 경화시킨 후에 oven에서 후경화시키는 autoclave + oven 경화사이클을 제시하였다.

2. 실험방법

Autoclave + oven 경화사이클로 제작할 때 autoclave경화 후 part의 경화도는 oven에서 후경화시 part의 변형이나 기공의 성장이 일어나지 않도록 하기 위해 충분한 bulk modulus(경화도 0.7 이상)를 가져야 한다. 승온속도는 2°C/min으로 하고 autoclave 경화온도는 압착과 경화효과를 동시에 유도하도록 consolidation stage 와 cure stage 사이온도로 정한다. 너무 낮은 경화온도를 선택하면 resin의 점성도가 낮아 압착이 잘 되지 않고 경화시간이 길어지게 되며, 너무 높은 경화온도를 선택하면 part의 중앙온도가 급격히 올라가 모재를 열화시키는 overshoot현상이 일어난다. 열분석(DSC, TGA, DEA) 및 autoclave성형 실험 결과를 바탕으로 최적의 경화온도, 경화시간, 가압시간을 설정한다. Glass fiber/epoxy prepreg(250°F 경화형 BMS 8-79Y)을 사용하였으며 autoclave 경화온도는 각각 90°C, 100°C, 110°C로, oven에서 후경화온도는 공통적으로 127°C로 설정하였다. Autoclave 경화시간은 45분, oven 후경화시간은 90분으로 설정하였다. 가압크기는 3.1 kg/cm³으로 하였으며 가압시점은 각각 1)공정초기부터 2)모재가 최소점도에 이르렀을 때 3)최소점도 이후 경화가 상당히 진전되었을 때로 나누어 실험하였다.

3. 실험결과

- 1) Autoclave + oven 경화사이클로 제작된 시편은 2-step경화사이클로 제작된 시편과 비슷한 T_g를 가졌다.
- 2) Autoclave(90°C hold) + oven 경화사이클로 제작할 때 autoclave에서 1차 경화시에 경화율이 낮기 때문에 oven에서 후경화시 기공이 성장하여 거대기공이 발생하였다.
- 3) Autoclave(100°C hold) + oven 경화사이클로 제작할 때 autoclave압착경화시 충분한 경화가 이루어졌고, 2-step 경화사이클로 제작된 part와 비슷한 기공율과 압착성을 가졌으며 autoclave 가동시간을 50% 감소시킬 수 있었다.
- 5) Autoclave(110°C hold) + oven 경화사이클로 제작할 때는 autoclave 압착경화시 part의 중앙 온도가 열화온도 이상으로 올라가는 overshoot현상이 발생하였다.
- 6) 모재가 최소점도에 이르렀을 때를 가압시점으로 할 때 최소의 기공양을 나타내었다.