

VaRTM 공법에 의해 제조된 CFRP의 특성평가 및 자동차 엔진 후드에 응용

김윤해*·최병근**·손진호**·조영대***·엄수현****·우병훈*****

(원고접수일 : 년 월 일, 심사완료일 : 년 월 일 [편집자 기재, 학술대회용원고에서는 생략])

Properties of CFRP by VaRTM Process and Its Application to Automobile Engine Hood

Y. H. Kim*, B. G. Choi**, J. H. Son**, Y. D. Cho***, S. H. Eum****, B. H. Woo*****

Abstract : The using of composite material is an aviation field but it changes into a general industry. Especially composites are expanding the use on transportation vehicles like automobiles, ships, and aircraft. The main factor of this expansion is high specific strength. It can supply a high quality and efficiency of energy. But manufacturing of composite products requires many raw materials and tooling cost for special process, so we needs a reduction of these costs to achieve best efficiency. In the present study, we contrast the change of mechanical and physical properties between VaRTM(Vacuum Assisted Resin Transfer Molding) and hand lay-up process. VaRTM process can offer a high quality the same as autoclave products, and low cost like hand lay-up process. In the results of mechanical tests, VaRTM specimen is stronger than hand lay-up specimen and hand lay-up specimen became delamination. In the results of physical tests, the resin content of VaRTM specimen is lower than hand lay-up specimen. On micrograph, the strength of specimen by VaRTM between fiber and resin is stronger than that of one by hand lay-up. And the specimen by hand lay-up contains more defects than one by VaRTM. So, VaRTM process can practically apply for automobile engine hood. This paper shows that VaRTM process is one of the most suitable processes for composite parts of automobile.

Key words : Composites, VaRTM, Engine hood, CFRP

1. 서 론

원고는 과거 항공산업을 중심으로 발달되어온 복합 재료 관련 기술이 오늘날 경량화되고 고급화 되어가고 있다. 따라서, 복합재료 관련 기술은 자동차산업

분야 뿐만 아니라 모든 공업분야에 널리 파급되고 있는 실정이다. 왜냐하면, 서서히 고갈되어가는 화석 연료를 절약하고 심각한 상태에 놓인 지구대기환경을 보호하기 위한 자동차, 철도차량 및 항공기 등의 운송수단의 경량화 추세는 현재 선진국에서 강력하게 추진되고 있으며 이를 해결하는 데는 복합재료의 사용이 필수적이며 복합재료의 사용이 점차 확대되어

* 김윤해(한국해양대학교 기계소재공학부), E-mail:yunheak@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4355

** 최병근, 손진호(한국해양대학 대학원)

*** 조영대(C.K.I Co.,Ltd)

**** 엄수현(동경대)

***** 우병훈(동경공대)

가고 있다.

복합재료는 서로 다른 성질을 갖는 두 가지 이상의 물질로 구성되어 각각의 물질에서는 기대할 수 없는 기계적 성질 또는 다른 기능성의 성질을 복합재료화에 의해 크게 향상 시킨 재료를 말한다. 섬유강화 고분자 복합재료는 고강도의 미세한 섬유를 기지재료에 함침시켜 만들어진다. 이때, 기지재료는 섬유를 지지하고 외부환경으로부터 보호하는 역할을 한다. 섬유강화 고분자 복합재료는 가볍다는 기본적인 장점 이외에 비강도비 및 비탄성율이 크며, 해수나 화학물질에 대한 내식성, 내피로성이 우수한 특성을 갖고있는 소재이다. 한편, 자동차 부품에 적용되고 있는 복합재료로서는 에폭시(epoxy), 폴리에스터(polyester) 등의 다양한 고분자 화합물에 탄소(carbon), 아라미드(aramid), 유리(glass) 섬유 등을 사용특성에 맞게 함침시켜 만든 고분자 복합재료가 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 이러한 복합재료는 소재로부터 완제품에 이르는 성형 및 제조 공정에 대한 기술 개발과 설계 및 응용분야의 확대가 요구되고 있는 실정이다.

현재 전 세계적으로 스포츠카나 경주용 차량의 경우 차체 및 새시 등의 주요 구조물을 복합재료를 사용하여 제작하는 것이 일반화 되어 있다. 특히, F1 경주용 자동차의 경우에 경량화를 위하여 차체의 2/3가 복합재료로 이루어져 있다.

고성능 자동차의 경우에는 차량의 가격이 고가이기 때문에 복합재료의 제작 단가가 비싸더라도 제품의 품질이 우수한 오토클레이브 공법(autoclave process)을 적용하고 있다. 한편, 일반적인 차량은 hand lay-up 및 RTM 공정을 이용하여 부품을 제작하고 있으나 표면에 핀홀 등의 결함이 많이 존재하고 있으며, 압력을 가하지 않은 공정상의 한계로 중량당의 강도 및 강성이 우수하지 못한 실정이다. 기아자동차에서 CFRP(carbon fiber reinforced plastics)와 하니컴 샌드위치 구조물을 이용한 스포츠카 엘란을 생산 판매하였으나 일반인들의 인식 부족과 높은 가격으로 인하여 성과를 이루지 못하였다.

본 연구에서는 진공을 이용하여 섬유가 적층되어있는 금형에 수지를 주입하여 제품을 성형하는 VaRTM공법을 이용한 자동차용 엔진후드(engine hood)를 제

작하고, 그 특성을 평가하였다.

2. 실험

2.1 실험재료 및 시편제작

본 실험에서는 TB carbon의 탄소섬유를 21 플라이 적층한 후 국도 화학의 KBR 1729 에폭시수지를 함침하여 라미네이트를 제작한 후 시편을 제작하였다.

2.2 실험방법

기계적 특성을 비교하기 위해서 Table 1과 같은 방법으로 시험을 실시하였다. 시험 시 시험속도는 1.2mm/min으로 실시하였다.

Table 1. Testing method

Mechanical properties	Test method
Tensile strength	ASTM D638
Tensile modulus	ASTM D638
Compressive strength	ASTM D695
Compressive modulus	ASTM D695
Short beam shear strength	ASTM D2344

수지 함침율을 측정하기 위하여 가로 3cm, 세로 3cm의 크기로 시험편을 자르고 무게를 측정한 뒤 60%의 질산 용액에 넣어 수지만 용해한 후 아세톤에 씻어서 섬유만을 따로 분리해 내고, 세척 후 건조시킨 뒤 섬유의 무게를 측정하여 수지 함침율을 측정하였다. 섬유의 적층된 상태를 관찰하기 위하여 VaRTM과 hand lay-up 시편의 단면을 각각 100배의 비율로 현미경 사진을 촬영하였으며 1000배의 비율로 전자현미경 사진을 촬영하였다.

3. 시험결과

기계적 특성을 시험한 결과는 Table 2 와 같으며 이를 통하여 VaRTM공법으로 제작한 시편이 hand lay-up공법으로 제작한 시편보다 10% 이상 높은 강도 값을 나타내는 것을 알 수 있었다. hand lay-up공법으로 제작한 시편은 파단이전에 delamination이 발생하였으며 이를 Fig. 1에서 확인할 수 있다.

Table 2. Results of the mechanical test

Mechanical properties	Hand lay-up		VaRTM	
	Strength (MPa)	Modulus (GPa)	Strength (MPa)	Modulus (GPa)
Tensile strength	295	35	331	57
Compressive strength	256	47	588	51
Short beam shear strength	50		58	



Fig. 1 Fractured specimens of hand lay-up

수지 함침율을 측정한 결과 hand lay-up 시편이 약 50%의 함침율을 보이는 반면 VaRTM 시편은 약 36%로 낮은 값을 나타내었다. 100배 현미경사진을 통하

여 VaRTM의 낮은 수지함침율을 가시적으로 확인하였으며, 내부에 존재하는 결함을 발견할 수 있었다. 1000배의 전자현미경사진을 통하여 VaRTM 시편에서 수지가 섬유에 더 강하게 결합하고 있음을 확인하였다.

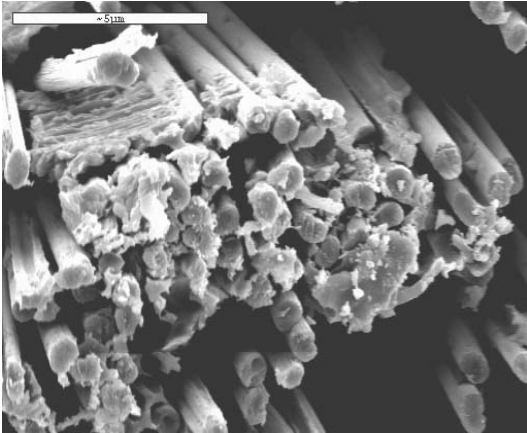


hand lay-up

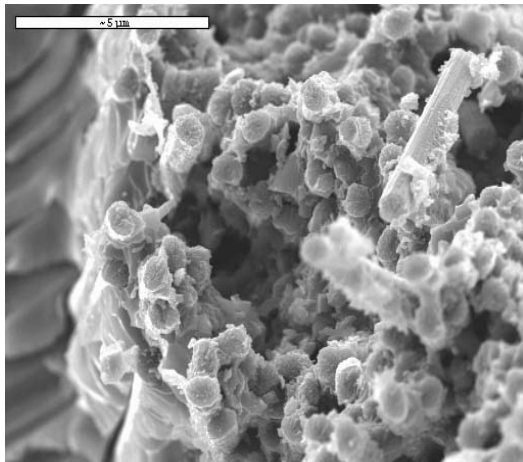


VaRTM

Fig. 2 Microstructures between hand lay-up and VaRTM



hand lay-up



VaRTM

Fig. 3 SEM micrographs between hand lay-up and VaRTM

3. 성형공정 및 제작

자동차 엔진후드를 제작한 공정은 다음과 같으며 Fig. 4에서 제작 과정을 보여주고 있다.

① 먼저 금형의 표면에 고품 이형제처리를 5회 실시하여 탈형을 용이하도록 하였다.

② 섬유를 제품에 맞도록 재단하고 적층한다. 이때 취약한 부분에는 섬유를 추가 적층하여 보강한

다.

③ 탄소섬유를 금형에 적층한 모습을 보여주고 있다.

④ 필플라이, 디스트리뷰션 미디엄을 적층한다.

⑤ 레진 플로우 채널과 실란트 테잎을 붙인다.

⑥ 진공 포트를 설치하고 진공백을 이용하여 배깅을 한다.

⑦ 배깅을 마친 모습을 보여주고 있다.

⑧ 수지를 주입하면 레진 플로우 채널로 먼저 흘러들어간다.

⑨ 바깥쪽에 설치된 레진 플로우 채널에서 중앙의 진공 포트쪽으로 수지가 함침된다.

⑩ 수지가 함침되어가는 과정을 보여주고 있다.

⑪ 수지가 완전히 함침되어진후 경화시킨다.

⑫ 경화가 완료된 후 탈형을 하여 엔진후드를 제작하였다.



Fig. 4 VaRTM process for engine hood

4. 결론

본 연구에서 VaRTM 및 hand lay-up 공법을 이용하여 제작한 시편의 특성을 비교 평가하였다. 그 결과는 다음과 같고, VaRTM 공정을 이용하여 CFRP 자동차용 엔진후드를 제작해 보았다.

1) VaRTM 시편이 hand lay-up 시편보다 약 10% 우수한 기계적 강도를 나타내었으며, 파단전에 delamination이 발생하였다. 이는 VaRTM 시편의 층간 결합강도가 더 높기 때문이라 생각된다.

2) Hand lay-up 시편이 VaRTM 시편보다 수지의 함침율이 약 10% 높게 나타났다. 이는 강도증가에 기여하는 섬유 함침율이 낮다는 것을 의미하며 이로 인해 hand lay-up 시편이 강도가 낮게 나타나는 것이라 생각된다.

3) 현미경 사진에서 VaRTM 시편에서 섬유가 더 밀집해 있으며, 수지와 섬유가 더욱 잘 결합하고 있음을 관찰할 수 있었다.

4) Hand lay-up 시편에서는 표면에 1cm² 당 4개의 결함이 발견되었으나 VaRTM 시편에서는 표면의 결함을 발견하기가 힘들었다.

5) VaRTM 공정을 이용하여 적은 비용으로 우수한 기계적 성질을 가지며 미려한 표면을 가진 자동차용 엔진후드를 제작할 수 있었다.

Tensile Properties of Plastics".

(6) ASTM D695, "Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics".

(7) ASTM D2344, "Standard Test Method for Short-Beam Strength of Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates".

참고문헌

- (1) 김윤해, 한중원 공저, 복합재료학, 효성출판사, p 31~32, 40~41, 2001.
- (2) Guide to composites, Courtesy of MG Rover, p 51, 52, 57, 58.
- (3) 엄수현, "VaRTM에 의해 제작된 하니컴 샌드위치 구조물의 기계적 특성 평가", p 21, 공학석사학위논문, 한국해양대학교, 2003.
- (4) R.J. Johnson, R. Pitchumani, 2003, "Enhancement of Flow in VaRTM using Localized Induction Heating", Composites Science and Technology 63.
- (5) ASTM D638, "Standard Test Method for