

# 사출성형을 통한 CNT 및 Al Powder를 이용한 방열 및 차량용 경량 복합재료 제작 연구

임병일<sup>1</sup> · 윤재웅<sup>†</sup>

(주)대흥엔지니어링<sup>1</sup> · 공주대학교 금형공학과<sup>†</sup>

## A study on the fabrication of lightweight composite materials for heat dissipation using CNT and Al powder with injection molding for vehicle

Byoung-Ill Leem<sup>1</sup> · Jae-Woong Yun<sup>†</sup>

Daeheung Engineering, Inc.<sup>1</sup>

Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju NationAIP University<sup>†</sup>

(Received August 27, 2019 / Revised September 26, 2019 / Accepted September 30, 2019)

**Abstract:** In this study, a study was carried out that could effectively produce a heat dissipation effect on plastic materials. Using carbon nanotube (CNT), aluminum powder and plastic, the material properties were tested in 2 cases of compounding ratio. The test sample mold was designed and constructed prior to the experiment. The experiments include tensile strength, elongation rate, flexural strength, flexural elasticity rate, eye-jaw impact strength, gravity and thermal conductivity. Results from 60% and 70% mixture of aluminum to plastic were tested, and a 10% less combined result was a relatively good property. For research purposes, the heat dissipation effect and light weighting obtained a good measure when the combined amount of Al was 60%.

**Key Words:** Aluminum Powder, Carbon Nano Tube, Lightweight Composite, Heat Dissipation

## 1. 서 론

### 1.1. 연구배경

나노기술은(nanotechnology,NT)은 향후 21세기를 선도해 나갈 수 있는 과학기술로 전자정보통신, 환경 및 에너지, 바이오 등의 분야에서 필수적인 기술로 가까운 미래에 정보전자 소재<sup>1)</sup>로써 사출성형을 통한 탄소나노튜브(CNT) 및 그래파이트(graphiet)를 이용한 차량용 경량 복합재료 제작하여 에너지 및 환경문제로 인한 차량의 연비를 개선하기 위해 기존의 철강 재료를 사용한 것을 경량화 금속이나 폴리머 기반의 복합재료를 활용한 연구<sup>2)</sup> 폴리머 유리 섬유유(glass fiber), 카본화이버(carbon fiber), 그래파이

트, 탄소나노튜브 분산, 혼합, 밀도, 강도를 가진 복합체 개발, 탄소나노튜브 및 그래파이트 및 고분자 그리고 금속 및 비금속 분말을 정밀하게 컴파운팅 하여 생산된 소재로써 방열 및 차폐의 성능을 가진 기존 열전도성 플라스틱이나 알루미늄 탄소나노튜브 마스터 배치를 대체할 수 있는 복합소재이다. 또한 플라스틱의 치명적인 단점이 있다면 열과 강성일 것이다. 주변에 흔히 보이고 쓰이는 물건의 대다수가 플라스틱으로 된 물체거나 내장재에 포함되는 기관 PCB 등 플라스틱과 조합되는 전자기기들이 흔하다.

탄소섬유 강화 알루미늄 복합재료는 일반 알루미늄에 비하여 높은 비강도강도 및 비강성, 고온특성, 내열성, 고온특성, 내열성, 내마모성, 내충격성 등이 우수한 고부가 가치의 첨단 신소재이다. 최근 들어 구조인 특성 외에도 열적인 특성에 대한 요구가 증

1. (주)대흥엔지니어링

† 교신저자: 공주대학교 금형공학과

E-mail: yun.jw@kongju.ac.kr

대 되면서 연속섬유 강화 복합재료가 새로운 국면을 맞이하고 있다<sup>3)</sup>.

열에 치명적인 플라스틱의 방열 능력, 즉 효과적으로 열을 얼마나 방출 시키느냐에 따라 달라지는 플라스틱의 소재의 개발이 한창이다.

## 1.2. 연구목적

CNT는 1991년 Iijima 박사에 의해 최초로 발견된 이후 우수한 전도성, 높은 강도 및 탄성계수, 낮은 마찰계수 등 우수한 특성들이 밝혀짐에 따라 도전성 소재 및 고강도 구조용 소재분야에 그 활용성 검토가 활발히 이루어져 왔다<sup>4)</sup>.

CNT는 그 자체만으로도 디스플레이분야, 연료전지 등 에너지 분야 소재로 사용이 연구되고 있지만, 도전성이나 기계적 특성을 발현시키기 위해서는 미세분말 상태인 구조적인 특징으로 인해 그 자체만으로는 특성의 발현이 어렵고, 반드시 기지재료나 기판 등 다른 소재와 함께 복합화 하는 것이 요구된다. 따라서 CNT를 고분자에 혼성화시킨 고분자 나노복합재료에 대한 연구가 필연적이라고 할 수 있다<sup>5)</sup>.

기존 열 전도성 플라스틱이나, 알루미늄, CNT 마스터배치를 대체할 수 있는 배합을 통해 순 알루미늄보다 경량화 시키고, 열 방출이 보다 빠르게 될 수 있는 신소재를 찾는게 본 연구의 목적이다.

## 2. 실험소재분석 및 금형

과우더가공 → CNT분산 → 컴파운딩 → 압출 펠렛화하여 중합된 CNT 열전달 수지를 이용하여 비교 실험을 하기 위해서는 우선 열전도도의 측정이 필요하여 대기 중에서 경화시키고, 측정 장비의 규격에 적합하도록 12.7 × 12.7 × 2.4(mm)의 고체상태의 사각시편으로 제작하였다.

### 2.1. 실험 소재

CNT의 열전도 특성 및 기계적인 특성을 동시에 응용하여 열전달 수지를 제조하기 위해서는 분말상태인 탄소나노튜브를 분산시켜 균질의 분산액 제조 기술 확보가 중요하다. 탄소나노튜브는 튜브가 서로 얽혀있는 상태로 보존하게 되며, 서로간의 반데르발스(van derwaals)힘에 의하여 단일 튜브형태가 아닌 다발의 형태로 존재하기 때문에 이들을 각각 개별형태로 제조하는 것은 상당히 기술적으로 난관이 있다. 현재까지 탄소나노튜브를 용해시킬 수 있는 용제

는 보고된 바가 없으며, 여러 가지 물리적, 화학적 방법 들을 통하여 균일하게 분산된 탄소나노튜브를 얻고자 하는 여러 가지 연구가 진행되고 있다<sup>6)</sup>.



Fig. 1 CNT+ALP process

### 2.2 실험금형

시편금형은 Inset Core 없이 Mold Base에 바로 시편형상 가공을 하였고, MOLD SIZE 400×300×260 크기로 각종 물성 테스트를 위해 각기 다른 형상을 Family (1\*7\*1) 타입으로 제작하였다. 또한 수축에 대비해 완만한 형상이 나올 수 있도록 일정 간격을 두어 냉각 Line을 설치하였고, 취출 시 최대한 변형 없이 나오도록 밀핀을 최대한 Valance를 맞추었다.

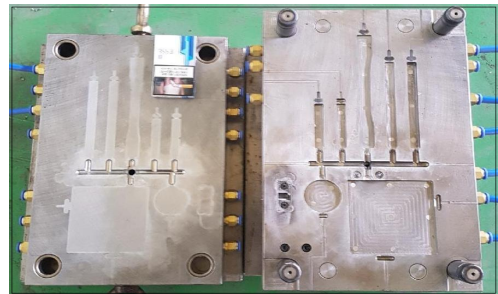


Fig. 2 The test sample mold



Fig. 3 The test sample

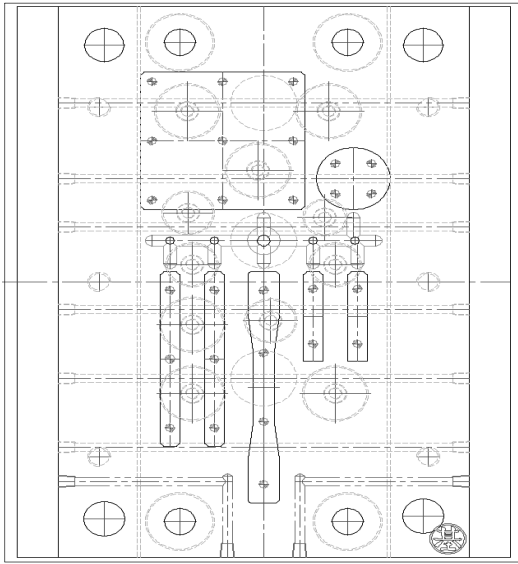


Fig. 4 The test sample drawing

### 3. 결과분석

한국화학융합시험연구원에서 ASTM(미국재료시험협회)조건에 입각하여 실험의뢰 하였고 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었고 CNT 복합소재(CF+AIP60%)와 CNT 복합소재(CF+AIP70%)를 비교 분석하였다.

Table 1 Carbon Nano Tube(CF+AIP 60%) the result of anexperiment

Testing method			
Test Item	Unit	Testing method	Result
tensile strength	MPa	ASTM D638-14(*)	68.1
coefficient of extension	%	ASTM D638-14(*)	0.9
flexural rigidity	MPa	ASTM D790-17(**)	106
flexural modulus	GPa	ASTM D790-17(**)	9.45
izod impact strength	J/m	ASTM D256-10e1(A법)	28
Specific gravity(22/23℃)	-	ASTM D792-13(A법)	1.78
Thermal conductivity (25℃)	W/mK	ASTM 1461-13	1.61
Thermal conductivity (200℃)	W/mK	ASTM 1461-13	1.35

Table 2 Carbon Nano Tube(CF+AIP 70%) the result of anexperiment

Testing method			
Test Item	Unit	Testing method	Result
tensile strength	MPa	ASTM D638-14(*)	65
coefficient of extension	%	ASTM D638-14(*)	1.9
flexural rigidity	MPa	ASTM D790-17(**)	102
flexural modulus	GPa	ASTM D790-17(**)	8.94
izod impact strength	J/m	ASTM D256-10e1(A법)	53
Specific gravity(22/23℃)	-	ASTM D792-13(A법)	1.92
Thermal conductivity (25℃)	W/mK	ASTM 1461-13	1.29
Thermal conductivity (200℃)	W/mK	ASTM 1461-13	1.04

1) 인장강도는 재료가 인장 하중에 의해 파단될 때의 최대 응력을 말하는데 AIP60%에서는 68.1MPa AIP70%는 65MPa로 인장강도 즉 극한강도는 AIP의 함량이 높아질수록 파단점 수치가 낮아짐으로 고찰되었다.

2) 신장률의 경우 재료의 내구성과 내마모성을 알아보기 위해 각각 AIP60%, AIP70%를 비교 분석 결과 0.9% → 1.9%로 신장률 수치가 증가하는 것을 볼 수 있다. 즉 AIP 함량이 높을수록 연성이 증가하여 내구성이 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

3) 굴곡강도는 시료를 휘게 하는 굴곡력을 적용하면서 나타나는 응력의 변화와 파괴등을 측정하는 방법으로 AIP60% 106MPa → AIP70% 102MPa로 감소함에 따라 저항력이 감소하였다.

4) 굴곡탄성율은 굴곡력 Load 커브상에서 초기 직선 구간의 기울기를 가지고 계산해낸 값을 의미하고 AIP 60% 9.45GPa, AIP 70% 8.94GPa로 시편이 영구히 변형되기까지의 힘이 증대되었음을 알 수 있다.

5) 아이조드 충격강도는 충격을 가해서 파괴되었을 때까지의 값을 측정한 결과로 AIP 70%일 때 53 J/m, AIP 60% 일 때 28 J/m의 측정결과로 다른 시험결과와 다르게 충격실험은 확연한 차이로, AIP 60%가 AIP 70%보다 아이조드 충격강도가 낮음을

알 수 있다.

6) 비중은 AIP 60% 1.78, AIP 70% 1.92로 시편이 AIP 70% 첨가하였을 때 보다 AIP 60% 첨가하였을 때 가벼워지는 경향이 나타나므로 자동차 부품으로 사용될 시 무게의 감소로 인한 연비 향상 효과를 얻을 수 있다.

7) 열전도도는 25℃ 와 200℃ 두 가지 조건으로 시험 하였고 AIP 60%와 AIP 70%에서 AIP의 함량이 높아질수록 열전도도가 낮아지는 것을 볼 수 있다. 열전도율이 높은 재질은 열을 방출시키는 특성이 좋아 지는데 AIP 함량이 높아질수록 열전도도가 좋아질것으로 예상되었으나 측정치는 예상과 다르게 감소하였다.

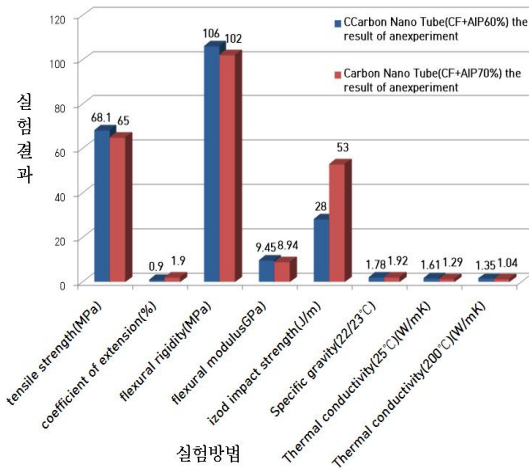


Fig. 5 Experimental result

#### 4. 결론

본 논문은 탄소나노튜브에 플라스틱에 부족한 성질을 첨가한 방열소재를 제조해 열전도도 및 물성치 변화를 측정했고, Al 60%와 Al 70% 두 성분을 비교 설명을 실시하였다. 실험을 위해 시편 금형 제작과 중합과정을 거친 소재를 시편금형에 사출하여 실험과정을 진행하였다.

1) 알루미늄을 60% 혼합했을 때 와, 70%를 혼합했을 때 확연한 차이를 보였고 60% 혼합하였을 때 비교적 좋은성능을 가진 물성치가 나왔다.

2) 열전도도가 60%가 70%에 비해 증가되는 사실이었다. Al 함량이 많을수록 열전도도가 증가할 것

으로 예상하였으나, 함량이 낮을수록 열전도도는 비교적 큰 치수의 폭으로 좋아짐을 확인하였다.

3) 인장강도 60% 일 때 68.1MPa, 70% 일 때는 65MPa로 큰 치수의 폭은 아니지만 높게 측정이 되었다. 하중에 의해 파단되는 시점이 좀더 지연되었고, 이와 연관된 신장률도 0.9% → 1.9% 로 1%가 높게 측정이 되었다. 1%가 증가함에 따라 Al 함량이 낮을수록 연성이 증가하였다. 또한 순 알루미늄과, 플라스틱을 무게로 놓고 비교해봤을 때 알루미늄이 무겁다는 단점을 어느 정도 극복할 수 있는 결과를 실험을 통해 알게 되었다.

4) AIP 60% 첨가 시 1.78, AIP 70% 첨가 시 1.92로 비중이 감소하였다. 시편이 AIP 70% 첨가하였을 때 보다 AIP 60% 첨가하였을 때 가벼워졌다는 사실이다. 주목받고 있는 신소재의 기능 중 하나는 “경량화”를 자동차 부품뿐만 아니라 경량화와 방열효과를 필요로 하는 방면에도 적용할 수 있는 유효한 연구라 사료된다.

본 연구에서 주된 목적이라 할 수 있는 열전도도 실험을 통해 플라스틱에 알루미늄을 중합, 알루미늄의 단점을 완화 시켜주었고, 인장강도, 신장률 등 순 알루미늄이 가지고 있는 성질을 가지고도 경량화를 얻을 수 있게 되어 새로운 산업으로 도약할 수 있는 계기가 되었으면 한다.

#### 참고문헌

- 1) Nguyen Tran Huu Duc, Chi-Vinh Ngo, Hoang Van Tho, Young-Jin Yum, Doo-Man Chun “Fabrication of Light Weight Composite using Carbon Nanotube (CNT) and Carbon Fiber for Automotive Applications”, The Korean Society of Mechanical Engineers Chunchu Science Contest pp. 150-151, 2014.4.
- 2) Chang Hun Yun, Heon Sang Lee, “Carbon nanotube (CNT) composite material”, polymer science and technology 18(1) pp. 4-7, 2007.2.
- 3) Oh Geun Hoon “Effects of applied electrical current on mechanical characteristics of aluminum-carbon fiber composite processed by stir casting”, Graduate School of Korea University, New Material Engineering Department pp. 2-6, 2017.2.
- 4) S. Iijima, Nature 354, 56-8, 1991.

- 5) Byung Gil Min, “R&D Trend of CNT/Polymer Nanocomposites”, The Polymer Society Of Korea 176-188 p. 13, 2005.4. Evaluation of Heat Radiant for 50W LED by the CNT Thermal Interface Material”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol.13 No.6, pp. 23-29, 2014.12.
- 6) Young-Tae Cho, Choong-Ho Lee “Performance