

그래핀 소재를 기반으로 하는 K-Propeller 모형 개발

유장욱* · † 정찬대 · † 노창균

*목포해양대학교 산학협력단, † 하나로마린 이사, 목포해양대학교 해상운송학부 교수

요 약 : 그래핀수지로 기존에 황동(Ni-Al-Bronze) 프로펠러 대체 가능 제품으로 고가의 황동을 그래핀수지 특히 재생 플라스틱 활용으로 저가로 공급 가능하다. 또한, 재활용이 가능한 친환경 프로펠러임, 가벼운 소재를 이용하여 연료 효율 증대, 연료 효율을 향상시켜 연안해운 저탄소 실현, 마찰저항을 최소화하여 선박의 추진성능 개선, 해양생물 부착 방지(방오기능)를 통한 프로펠러 수명연장 기대, 프로펠러 검사 및 보수 유지비용 절약 기대, 향후 폐기물에 그래핀을 혼합한 재생 자재로 활용 가능성이 크다.

핵심용어 : 그래핀수지, 플라스틱, 친환경 프로펠러임, 연료 효율, 해양생물

1. 서 론

그래핀은 탄소 원자로만 이루어진 탄소 동소체의 한 종류이다. 탄소 동소체를 살펴보면 다이아몬드, 흑연, 그래핀, 탄소나노튜브, 풀러렌 등을 들 수 있다.

그중에서 그래핀은 가장 최근에 발견되었으나, 사실은 가장 기초적인 물질이라고 할 수 있다. 예를들어 탄소 고리가 옆으로 연결되어 원자 한 층으로 이루어져 있는 그래핀을 종이 한 장으로 비유하자면 그 종이들이 차곡차곡 쌓여 이루어진 것이 흑연이다.

거꾸로 말하자면 흑연에서 한 층만을 벗겨낸 것이 그래핀이다(Fig 1. 위쪽). 실제로 2010년에 노벨상을 받은 안드레 가임과 콘스탄틴 노보셀로프 박사가 그래핀을 최초로 발견한 것은 스키타치테이프로 흑연에서 그래핀 층을 벗겨낸 것이었다.

흑연은 연필심을 보면 알 수 있듯이 검은색이지만, 그래핀은 무색이다. 흑연이 검은 이유는 그래핀 여러 장이 겹쳐있기 때문이며, 연필로 글씨를 쓰면 검게 나오는 이유는 흑연 여러 겹이 같이 벗겨지기 때문이다. 다이아몬드는 흑연과 그래핀의 형제지간이기는 하지만 탄소-탄소 결합이 모두 SP3 단일 결합만으로 격자 형태로 이루어져 있어서 투명하고 매우 단단한 성질을 갖게 된다. 원통형으로 말린 그래핀이 탄소나노튜브이고(Fig1. 가운데) 공처럼 둥글게 말린 것이 풀러렌이다.

그래핀은 SP2 결합(이중결합)의 육각형 고리가 옆으로 차곡차곡 이어져 있어 보통 평면으로 알려져 있지만 실제로는 주름이 생기거나 둥글게 말리기도 하고, 기상 증착 방법으로 합성하면 오각형, 육각형, 칠각형 등의 고리가 일부 만들어지기도 하는 것으로 알려져 있다.

그래핀은 탄소로만 이루어진 물질이라고 알려졌지만, 구조적으로 가장자리에는 탄소 원자가 존재할 수 없으며, 수소 원자

가 붙어있거나, 히드록시기나 카르복실기, 아민 등의 다른 여러 가지 기능기가 붙어있을 수 있다. 다양한 기능기가 붙어있으면 다른 물성을 나타내므로 그래핀 소재화에 방해가 될 수도 있고 역으로 이것을 인위적으로 잘 이용하면 원하는 기능을 구현해 낼 수도 있다.

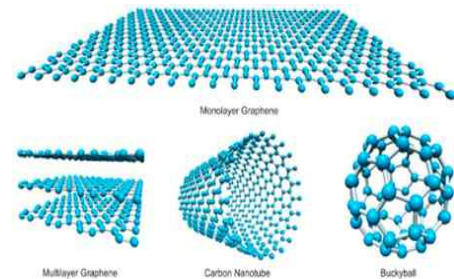


Fig. 1 Graphene model

2. 기술개발 개요

2.1 핵심 개발 대상 기술

방오 기능에서는 프로펠러의 재질이 황동인 이유는 황동(놋그릇)의 살균력을 이용 해중 생물 부착 방지하고 있다.

강도면에서는 그래핀수지 강철의 100배이며 국내 연구진이 그래핀을 활용한 고내열 고강도 고분자 수지 제조 원천 기술 개발을 해냈다. 신기술은 향후 항공우주용 복합소재에 반드시 필요한 범용 고내열 수지로써 고강도 탄소섬유와 의복합화를 통해 초고강도 탄소복합소재의 상용화를 이끌 것으로 보인다.

2.2 제품 완성도 예시

† 교신저자 : 정희원, hanaro114@gmail.com, 종신회원, cknoh@mmu.ac.kr

* 정희원, ilovesea@kakao.com

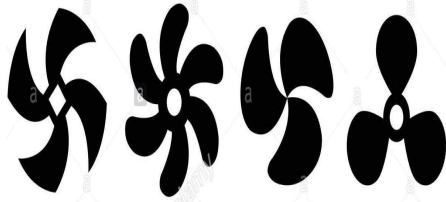


Fig. 2 Graphene resin propeller

2.3 캐비테이션에 대한 마모율 분석

황동의 경우 $K = \left\{ \frac{3HV}{PL} \right\}$ 같이 V 체중 감량으로 추정 가능 W 그리고 밀도 ρ , 마모 계수는 다음과 같이 표현할 수도 있다. $\left\{ \frac{3HW}{PL\rho} \right\}$. 표준 방법은 총 부피 손실과 총 슬라이딩 거리를 사용하므로 순 정상 상태 마모 계수를 정의하여야 한다.

$K_{\{N\}} = \left\{ \frac{3HV_{\{s\}}}{PL_{\{s\}}} \right\}$ 어디 L_s 정상 상태 슬라이딩 거리 V_s 정상 상태 마모량이다. 슬라이딩 마모 모델 K와 관련하여 다음과 같이 표현할 수 있다. 따라서 다이아몬드 구조의 그래핀과 수지의 합성에 대한 마모 값 연구가 되어야 한다.

3. 기존 제품과의 차별성

황동 재질의 프로펠러와 비교시, 투입비용 약 35% 생산으로 가격 경쟁력 확보, 날개 대량 생산으로 제조원가 절감에 따른 가격 경쟁력 확보, 선박 유지 보수 용이로 선박정비 비용 절감, 비중 1로 수중에서의 장착이 용이하여 항해 중 프로펠러 손상 시 즉각적인 교체 작업 용이, 날개 생산방식으로 저가로 교체 가능한 신소재 프로펠러로 시장에서 점유력 확보 가능, 금형 생산방식으로 대량생산 가능으로 가성비 높음, 비중 0.98의 그래핀 프로펠러로 선박 축계 및 기관고장 예방으로 어선 및 선박 안전확보, 경량제 그래핀수지 신소재로 전진 후진에 따른 과부하 방지로 연료소모 및 기관 사고 예방이 가능하다.

4. 기술개발의 국내외 동향

국내기술 동향은 국내는 소형 및 대형 그래핀수지 프로펠러는 생소한 분야로 목포해양대학교에서 처음 검토, 시도하고 있는 분야이다.

국제기술 동향은 최근 독일에서 스틸프로펠러에 그래핀도료로 피막한 소형 프로펠러를 테스트하고 있으며 아직까지 그래핀수지로 프로펠러를 생산 판매하는 나라는 없다.

그래핀수지 Propeller 개발하기 위한 국내 기술 현황은 그래핀수지를 이용한 자동차 부품 개발을 진행했고 납땜화 단계까지 이르렀으며 또한 뛰어난 방오성 기능으로 친환경부표 및 친환경그물등이 개발되고 있다.

그래핀수지는 방오성뿐만 아니라 철보다 강도가 최대 100배까지 높일 수 있어 그래핀수지 Propeller의 기능을 할 수 있을 뿐만 아니라 탄성이 좋아 유지보수에도 좋아 최적에 신소재로 각광 받을 수 있다.

기존에 금속제 원자재보다 최대 1/6 무게로 같은 피치를 나타낼수 있으며 소재 가격 또한 황동제보다 35% 수준으로 개발이 완료되면 완벽한 대체 소재로 자리매김 할 것이다.

5. 결 론

그래핀수지 Propeller는 꿈에 신소재인 그래핀을 기반으로 제작되는 프로펠러임이다. 기존의 금속제 원자재보다 1/6 무게로 통상 비중 1로 제작되기 때문에 수중에서도 쉽게 분해 조립할 수 있어 프로펠러를 교체하기 위해 많은 상가 비용을 절감할 수 있는 신소재이다.

Propeller 날개(Blade)를 날개 방식으로 생산하기 때문에 대량 생산이 가능한 신소재이며 프로펠러 Blade를 날개 방식으로 조립하는 경우는 프로펠러 손상시 수리비가 저렴하다. 또한, 프로펠러의 초경량화로 엔진에 부하 및 손상과 축계 손상을 사전에 예방할 수 있어 경제적인 프로펠러 소재로 각광받을것으로 보인다. 수만톤의 화물선의 경우 프로펠러 제작비용이 약 5억원 정도로 기존에 금속제 소재보다 최대 1/6 가격으로 제작할 수 있어 국내조선산업 수주 경쟁력 강화에도 기여할 수 있을 것이다.

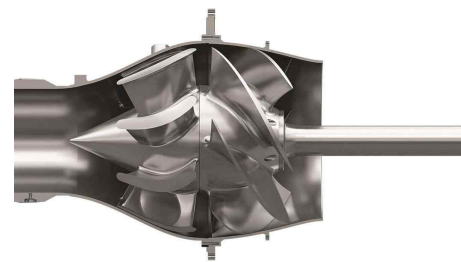


Fig. 3 Graphene propeller model

참 고 문 헌

- [1] 나운철, 송인행, 안종우(1997), 선박 프로펠러용 고효율 2차원 날개단면 개발, 대한조선학회 34권 1호, pp. 11~23.
- [2] 최근일, 민계식, 안유원(2008). 쌍동선의 워터제트 추진 모형시험, 대한조선학회 33권 1호, pp. 66~76