

대중적 환경차를 위한 주조를 이용한 서포트링 제작에 관한 연구

이정익
인하공업전문대학 기계설계과 교수

A Study on the Production of Supporting Ring Using Casting for Public Environmental Vehicles

Jeongick Lee
Professor, Dept. of Mechanical Design, INHA Techni

요약 하이브리드 자동차를 연구로 목적으로 논문을 설계합니다. 하이브리드 자동차는 내연 기관과 배터리 엔진을 동시에 장착하여 기존의 일반 차량에 비해 연비와 유해가스 배출량을 획기적으로 줄인 차세대 자동차로 전기모터는 차량 내부에 장착된 고전압 배터리로부터 전원을 공급받고, 배터리는 자동차가 움직일 때 다시 충전되는 시스템을 가진 차를 연구로 기존 자동차의 에너지 손실은 대부분 교통 혼잡에 따른 공회전을 보완해 차량의 속도나 주행 상태 등에 따라 시간과 차량 정지시 발생하는데 하이브리드 시스템은 이 같은 가솔린 또는 디젤 엔진의 단점엔진과 모터 힘을 적절하게 제어함으로써 효율성을 극대화시킨 차라고 할 수 있다. 하이브리드 차는 연비 개선, 환경 친화성, 경제성, 노이즈 감소 등 다양한 장점을 가지고 있어서 점차 많은 사람들에게 선택되고 있는 대안적인 자동차 옵션입니다. 해당 연구를 통해 환경오염을 방지하고 미래 자동차 연구를 위해 노력을 기울일수 있을 것입니다.

주제어 : 하이브리드 자동차, 내연기관, 배터리 엔진, 일반차량, 환경오염

Abstract I am designing a research paper with the aim of studying hybrid vehicles. Hybrid vehicles, as the next-generation automobiles, feature a combination of internal combustion engines and battery engines, resulting in a revolutionary reduction in fuel consumption and harmful gas emissions compared to conventional vehicles. The electric motor in hybrid cars derives power from a high-voltage battery installed within the vehicle, which is recharged during vehicle motion. In contrast to traditional cars, which often experience energy losses due to idling caused by traffic congestion, hybrid systems optimize efficiency by skillfully managing the interplay between the internal combustion engine and the electric motor. This approach effectively addresses the inherent drawbacks of gasoline or diesel engines. Hybrid cars offer an array of benefits, including improved fuel efficiency, environmental friendliness, cost-effectiveness, and reduced noise emission. Consequently, they are progressively becoming a favored alternative among a growing number of individuals. This research endeavor has the potential to contribute towards curbing environmental pollution and dedicating efforts to future automotive research.

Key Words : Hybrid vehicles, internal combustion engines, battery engines, conventional vehicles, environmental pollution.

*Corresponding Author : Jeongick Lee(jilee@inhac.ac.kr)

Received August 22, 2023

Accepted September 22, 2023

Revised August 30, 2023

Published September 30, 2023

1. 서론

하이브리드 차는 내연 기관과 전기 모터를 조합한 형태의 자동차로, 두 가지 다른 동력원을 결합하여 운전 성능과 연비를 최적화하는 차량이다[1]. 내연 기관은 기존의 가솔린 또는 디젤 엔진으로 작동하며, 전기 모터는 배터리를 전력을 공급받아 작동한다[2].

하이브리드 차의 작동 원리는 다음과 같다. 첫째, 내연 기관이다. 내연 기관은 가솔린 또는 디젤 연료를 사용하여 작동하는 엔진입니다. 이 엔진은 주로 고속 주행이나 높은 부하 상황에서 필요한 힘을 생성한다[3].

둘째, 전기 모터이다. 전기 모터는 배터리를 전력을 공급받아 작동하는 모터로, 저속 주행이나 산들바람 등의 상황에서 주로 사용된다[4]. 전기 모터는 내연 기관에 비해 효율적이며, 발전하는 에너지의 일부를 회수하여 배터리를 충전하는데 사용할 수도 있다. 셋째, 배터리이다. 하이브리드 차량은 일반적으로 고전압 배터리를 장착하며, 이 배터리는 전기 모터에 전력을 공급하고, 브레이킹 시 발생하는 에너지를 회수하여 충전된다[5]. 넷째, 에너지 관리 시스템이다. 하이브리드 시스템은 내연 기관과 전기 모터 간의 효율적인 전환을 관리하는 시스템을 포함한다. 이 시스템은 운전 조건에 따라 내연 기관과 전기 모터를 적절하게 조절하여 최상의 성능과 연비를 제공한다[6]. 하이브리드 차의 주요 장점은 다음과 같다. 첫째, 연비 개선이다. 내연 기관과 전기 모터의 조합으로 인해 연료 소비가 줄어들어 연비가 향상된다. 둘째, 환경 친화성이다. 전기 모터를 사용하는 경우 제로 에미션 또는 로우 에미션 모드에서 주행할 수 있어 대기 중 유해 물질 배출을 줄일 수 있다[7]. 셋째, 경제성이다. 연료 절약으로 인해 연료 비용이 감소하고, 일부 국가에서는 세계 혜택이 제공될 수 있다. 넷째, 가속성 향상이다. 내연 기관과 전기 모터를 혼합하여 추가적인 힘을 활용하여 가속 성능이 향상된다[8]. 다섯째, 정적 노이즈 감소이다. 전기 모터의 작동 소음이 상대적으로 작아 도심이나 주거 지역에서 소음 오염을 줄일 수 있다[9].

하이브리드 차는 현재와 미래의 자동차 산업에서 중요한 역할을 하며, 지속적인 기술 발전을 통해 더욱 효율적이고 환경 친화적인 옵션으로 발전하고 있다. 하이브리드 차는 다양한 상황에 맞게 내연 기관과 전기 모터를 조화롭게 사용하여 최적의 연비와 성능을 유지하며,

브레이킹 시에는 에너지 회수를 통해 배터리를 충전하는 장치를 가지고 있다. 하이브리드 차의 작동 방식은 간단하게 설명하면 첫째, 시동 및 저속 주행이다. 차를 시동하고 느린 속도로 주행할 때, 전기 모터를 사용한다[10]. 전기 모터는 조용하고 효율적으로 작동하여 주행을 도와준다. 둘째, 가속 주행 및 등판이다. 가속하거나 급정거할 때, 그리고 고속 주행을 할 때는 내연 기관과 전기 모터를 함께 사용한다[11]. 이것은 차량이 빠르게 가속하고 필요한 힘을 얻을 수 있게 해준다. 셋째, 정속 주행이다. 일정한 속도로 주행할 때도 내연 기관과 전기 모터를 함께 사용한다. 이렇게 하면 주행 중에 최적의 성능을 유지하면서 연비를 개선할 수 있다[12]. 넷째, 감속 및 충전이다. 브레이크를 밟거나 속도를 줄일 때, 배터리에 에너지를 되돌려 충전한다. 이렇게 하면 브레이킹 시 발생하는 에너지를 낭비하지 않고 배터리를 충전할 수 있다[13].

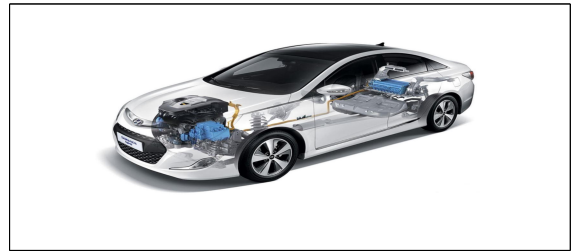


Fig. 1. System configuration of hybrid car

셋째, 정속 주행이다. 일정한 속도로 주행할 때도 내연 기관과 전기 모터를 함께 사용한다. 이렇게 하면 주행 중에 최적의 성능을 유지하면서 연비를 개선할 수 있다[14]. 넷째, 감속 및 충전이다. 브레이크를 밟거나 속도를 줄일 때, 배터리에 에너지를 되돌려 충전한다[15]. 이렇게 하면 브레이킹 시 발생하는 에너지를 낭비하지 않고 배터리를 충전할 수 있다.



Fig. 2. Driving concept of hybrid car

2. 본론

하이브리드 자동차는 세 가지 주요 형태로 분류된다. 첫 번째 형태는 "직렬형"으로, 전기 모터만 사용하여 움직이며 엔진은 배터리를 충전하는 역할을 한다. 내연기관은 발전기로 작동하여 전기 에너지만을 활용하여 자동차를 주행시키는 시스템이다[16]. 이러한 형태는 플러그인 충전이 가능하지만 대형 배터리와 중량이 큰 단점을 가진다. 두 번째 형태는 "병렬형"으로, 낮은 속도에서는 전기 모터만을 사용하여 주행할 수 있다[17]. 100% 전기 에너지를 사용하는 것은 아니지만, 이질적인 느낌 없이 일반적인 주행이 가능하다. 하지만 동력 전환에 어려움이 있고, 엔진룸에 장착하기도 어려울 수 있다. 세 번째 형태는 "직-병렬 혼합형"으로, 하나의 엔진과 두 개의 모터로 구성되어 있어 직렬 및 병렬 방식을 모두 사용할 수 있다. 하나의 모터는 엔진에 의해 발전된 전기를 사용하며[18], 이는 배터리를 충전하거나 두 번째 모터를 작동시키는 데 사용된다. 이 형태는 효율적인 동력 분배로 회생 제동 효율이 뛰어나며 연비가 우수하다.

국내에서는 환경차 시장을 조기에 선점하기 위해 구동 모터, 전력 제어기, 배터리, 연료전지 시스템과 같은 부품의 개발 기술이 중요하다 구동 모터의 경우 등손 및 철손 저감, 냉각 성능 향상이 중요한 과제이다. 이 중 "Support Ring"는 구동 모터 내부에 위치하여 구동 모터 코일을 보호하고 냉각 수로를 형성하여 발생하는 열을 제어하는 역할을 수행한다.

Division	HEV	PHEV	EV
Power Generation Device	Engine Motor	Motor	Motor
Battery Capacity	0.98~1.8 kwh	4~16kwh	10~30kwh

Fig. 3. Various electric cars

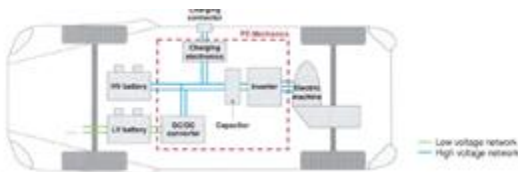


Fig. 4. Major parts of green cars

▣ 환경차시장 조기정착을 위해 부품 개발기술 확보필요



Fig. 5. Major parts of green cars

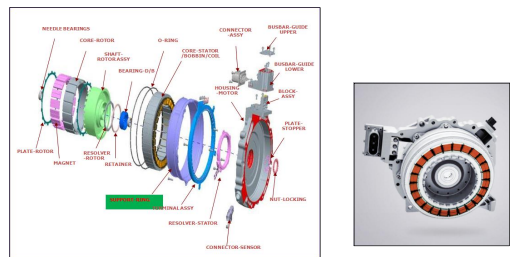


Fig. 6. Parts composition of driving motor

개발된 Support Ring의 구조는 그림에서 볼 수 있는 대로 Core Stator를 둘러싸서 내부 회전부를 보호하고, 그 위에 Motor Housing을 조립하여 냉각을 위한 통로를 형성하도록 만들어졌다. 그러나 시간이 지나면서 고무로 된 O-ring 부분이 경화되어 누설이 발생할 수 있다. 이 누설은 Coil Stator Assembly로 흘러들어가 치명적인 결함을 유발할 수 있다. 자동차의 핵심인 구동 모터는 일반적으로 10년 또는 20만 킬로미터의 보증기간을 가지며, 현재의 조립 구조로는 이런 기준을 충족시킬 수 없는 상태이다. 따라서 이를 개선하기 위해 냉각 통로를 Support Ring 내부로 배치하여 누설 원인을 없애고, 강력한 열전달 능력을 가진 주철소재를 사용하여 냉각 효율을 향상시키려고 한다.



Fig. 7. Change case of support ring

Support Ring의 현재 생산 과정은 Seamless Pipe

를 열간단조 공정을 통해 전체 형상을 만든 다음, 정밀 가공을 통해 가공하고, 조립 부위를 드릴 가공한 후 세척과 마무리 작업을 거쳐 완성되고 있다. 이로 인해 많은 작업량과 소재 손실이 발생하여 최종 완성품의 생산율이 20% 이하로 낮아지며, 비효율적인 공정으로 인한 많은 비용과 손실이 발생하고 있는 상황이다.

Support Ring는 자동차의 핵심 부품으로, 회전 부품을 보호하고 내부 열을 외부로 냉각시키는 역할을 한다. 이 부품은 Core Stator에 열간 압입 방식으로 조립되며, 열전달을 위해 얇아야 하지만 내부 부품을 보호하는 기능도 유지되어야 한다. 그렇기 때문에 Core Stator에 열간 압입하면서도 조립 부위의 높은 정밀도를 유지하는 기술 개발이 필요하다.

특히 내부 냉각 수로의 두께가 6mm로 균일하게 형성되어야 하는데, 이를 위해서는 고객주문 주조 기술이 필요합니다. 또한 소재 제작과정에서 Water Jacket부의 불순물을 최소화하여 내부 청결성을 유지하는 제조 기술도 개발되어야 한다.

따라서 이 프로젝트에서는 기존의 Support Ring 생산 과정을 개선하기 위해 단조 공정을 사용하여 냉각수로를 가진 Support Ring을 주조 공정으로 만드는 방식을 개발하고자 한다. 이 방식은 Motor Housing과 조립되어 냉각 수로를 형성하는 것으로, 고정밀 구동모터용 Support Ring을 개발하고자 하는 목표가 있다.

2.1 기술개발 최종목표

하이브리드 냉각수로 일체형 SUPPORT RING 개발

- 해외 하이브리드 자동차 SUPPORT RING 제품 분석(공동)
- 개발 대상 SUPPORT RING 최적 형상 설계(수요처, 주관)
- SUPPORT RING Prototype 주조 금형 개발을 위한 CAE 주조 해석(위탁)
- Prototype FCD500 외형(목형) 및 중자금형 설계 및 제작(주관)
- 수로부 형성을 위한 고 강성, 저 팽창성의 중자 제조기술 개발(주관)
- 수로부 벽부의 수축결함과 기포 발생을 제거하는 주조 공정 기술 개발(주관)
- 냉각 수로를 가진 SUPPORT RING FCD500 주조품 제작(주관)

- 냉각 수로부 공압 2bar. 0.5cc/min을 만족하는 기밀성 확보(수요처)
- 냉각수로를 가진 SUPPORT RING FCD500 주조품 평가(위탁)
- 시제품 조립성 검토(수요처)

2.2 목표달성도 평가지표

Table 1. Key Performance Indicators

Key performance indicators 1	Unit	Final developme	World's highest level	weight (%)
1. Waterway thickness	mm	5.0±1.0	6.0	20
2. Tensile strength	MPa	500	500	10
3. Yield strength	MPA	350	350	10
4. Elongation	%	7	7	10
5. Hardness	HB	180	180	10
6. Medium strength	kg/cm ²	120	100	10
7. Internal soundness	Rating	Level 2	Level 2	10
8. Confidentiality	bar	2bar	2bar	10
9. Cleanliness (interior)	mg	1.3mg	1.3mg	10
□ Presentation of proof of measurement results				
* Submission of test reports from the corresponding authorized testing and certification agency (Korea Testing & Research Institute of Chemical Technology) for each performance indicator.				

* KS B 0802 : Tensile test method for metallic materials
 * KS B 0805 : Brinell hardness test method for metallic materials
 * ES36500-||: Hyundai Motor Company HEV drive motor cleanliness stan

2.3 연차별 기술개발 내용

2.3.1 1차 년도

- 해외 하이브리드 자동차 SUPPORT RING 제품 분석(공동)
- 자동차 연구소 보유 해외 하이브리드 자동차 SUPPORT RING 구조 이해
- 인터넷 검색을 통한 해외 하이브리드 자동차 SUPPORT RING 구조 이해
- 냉각 수로부 일체형 SUPPORT RING 설계(수요처, 주관)
- 기 개발된 SUPPORT RING은 단조 소재로 제작되어 SUPPORT RING과 MOTOR HOUSING 사이에 O-RING을 넣어 수로부를 형성하고 있으나 O-RING의 경화에 따른 누수가 발생하여 냉각 수로부를 SUPPORT RING 내부에 넣어 냉각 시스템을 개선하고자 한다.
- 이에 따라 기존 단조 공법으로 제작되던 소재를 주조공법으로 변경하여 중자를 넣어 SUPPORT RING 내부에 냉각 수로부를 형성하고자 한다.

- SUPPORT RING Prototype 주조 금형 개발을 위한 CAE 주조 해석(위탁)
- 중자를 사용하는 박소소재의 건전성을 유지하기 위해 주물용탕의 응고 과정에서 발생하는 수축결함과 기포불량을 예방할 수 있는 사전 시뮬레이션 기법의 적용이 필요하다.

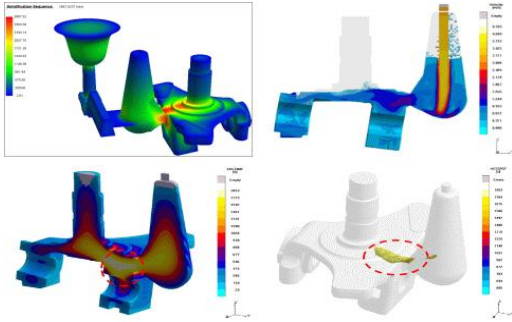


Fig. 8. CAE example of vehicle parts casting process

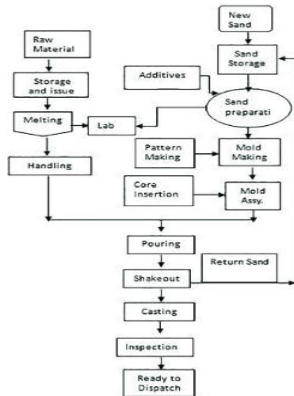


Fig. 9. Flow chart of cast forming CAE

- Prototype FCD500 외형(목형) 및 중자 금형 설계 및 제작
- 균일한 수로부 형성을 위한 최적 중자 형상 및 CORE PRINT설계
- 수율 및 발형성을 고려한 시작 금형 설계
- 수로부 형성을 위한 고 강성, 저 팽창성의 중자 제조기술 개발
- SUPPORT RING의 핵심소재의 냉각 수로부의 건전성 및 소재 살두께의 균일성을 확보하기 위해 일정 강도와 저 팽창성이 구현가능한 중자의 개발이 중요하며, 주물 소재의 가스결함을 최소화하기 위한 RCS(Resin Coated Sand)의 개발이 중요하다
- 고강도 저팽창 중자사 개발(표 참조)
- + 열팽창 계수를 고려한 중자사 선정
- + CERABEADS 및 Coated sand 배합 최적화를 통한 중자사 강도 확보
- + 중자 Crack 및 Bending 결함 방지
- 냉각 수로부의 얇은(6T)치수를 성형하기 위한 중자 제조 공정(소성온도, 소성시간)의 개발도 핵심 기술이다
- 중자의 미충진 방지를 위한 Air-vent 처리 기술 개발
- + 요철 및 코너부 충전 불량 개선을 위한 배기 벤트 설치

Table 2. Kinds of characteristic of sand

SAND TYPE	Silica sand	NE Sand	CERABEADS	Es-Pearl	Zircon
chemical formula	SiO ₂	MgO.SiO ₂	3Al ₂ O ₃ .2SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂ .SiO ₂
Fire resistance(°C)	1630	1300	1850	1850	1850
1000°C coefficient of thermal expansion(%)	1.1	0.42	0.1	0.15	0.25

- 수로부 벽부의 수축결합과 기포 발생을 제거하는 주조공정 기술 개발
- CAE해석을 통한 결과물의 시작형 적용 시 용탕 출탕온도, 주입온도, 최적 주입 몰드 수 산출
- 소재 제작과정에서 냉각 수로부의 이물질은 Support Ring의 냉각기능에 치명적이므로 내부 청결성을 유지하기 위한 제조 공정의 개발이 필요하다.
- 내부 유로 청정도를 위한 Shot blast 표면처리(불순물, burr 등 제거)(shot blast : 경질입자를 압축공기로 분사하여 표면을 가공하는 기법)



Fig. 10. Shot blast surface treatment and shot ball

- 내시경 분석을 통한 내부 유로 표면 평가 기술 개발



Fig. 11. Endoscope testing equipment

2.3.2 2차 년도

- 냉각 수로를 가진 SUPPORT RING FCD500 주조품 제작
- 소재 주입온도, 성분, 적정 몰드 수 결정
- SUPPORT RING 냉각 기밀성 Test(수요처)
- 냉각수로부 기밀성 Test 진행 : 2Bar, 0.5cc/min
- 기밀시험을 위한 주물품 가공 (Tap, sealing 등)
- 수요처 제시 규격에 맞는 시험조건 수립(압력, 공급 시간 등)
- 기밀시험용 Support Ring 지그 제작
- 평가 후 누수 여부, 변형 및 크랙 등 결과 분석

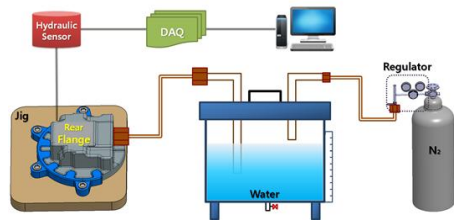


Fig. 12. leak test experimental configuration

- 냉각 수로를 가진 SUPPORT RING FCD500 주조품 평가(재료시험을 통한 시제품 기계적 물성평가)
- 씨포트링 부품에 사용되는 주철부품(GCD) 대한 요구조건
- 기계적 물성평가를 위한 주물품 시편 가공(KS B 0801 4호)

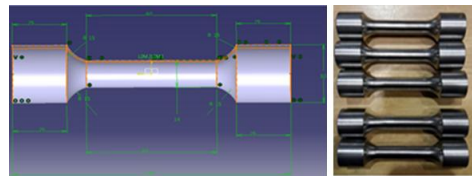


Fig. 13. Specimen size

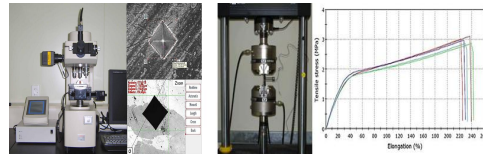


Fig. 14. Mechanical property estimation

- 시제품 분석을 통한 내부건전성 평가 및 구상 흑연입수 확인
- + X-ray 장비를 이용한 내부건전성 평가 및 분석
- + 광학현미경을 이용하여 미세조직 분석 및 구상흑연입수 확인
- 시제품의 기계적 물성평가(인장, 항복, 연신율 및 경도)

3. 향후 개발 목표

하이브리드 자동차 support ring을 냉각로가 함유된 일체형으로 개발함으로써 다음과 같은 연구결과를

달성하고자 한다.

1. 해외 하이브리드 자동차 SUPPORT RING 제품 분석 한다.
2. 개발 대상 SUPPORT RING 최적 형상 설계한다.
3. Prototype FCD500 외형(목형) 및 증자 금형 설계 및 제작한다.
4. 수로부 형성을 위한 고 강성, 저 팽창성의 증자 제조 기술을 개발한다.
5. 수로부 벽부의 수축결함과 기포 발생을 제거하는 주조 공정 기술 개발한다.
6. 냉각 수로를 가진 SUPPORT RING FCD500 주조품을 제작한다.
7. SUPPORT RING Prototype 주조 금형 개발을 위한 CAE 주조 해석을 수행한다.
8. 냉각 수로를 가진 SUPPORT RING FCD500 주조품을 평가한다.
9. 냉각 수로부 공압 2bar, 0.5cc/min을 만족하는 기밀성을 확보(가공 및 기밀테스트)한다.
10. 시제품 조립성 검토한다.

4. 결 론

하이브리드 차량은 환경보호와 밀접한 관계를 가지고 있다. 이들 차량은 내연 기관과 전기 모터를 결합하여 작동하기 때문에 다양한 방면에서 환경에 긍정적인 영향을 미친다. 낮은 유해 물질 배출한다. 하이브리드 차량은 전기 모터를 사용하여 주행할 때, 전기에너지를 사용하므로 연료소비와 함께 유해 가스 배출량이 현저히 감소한다. 특히 저속 주행 시에는 전기 모터만을 사용하므로 대기 중 오염물질 배출을 최소화할 수 있다 연비 향상이다. 하이브리드 차량은 내연 기관과 전기 모터의 협력으로 연비를 향상시킨다. 연료 소비가 줄어들어 경제성을 높이고, 이로 인해 금융적 부담도 감소될 수 있다. 소음 및 진동 감소이다. 전기 모터는 내연 기관에 비해 작동 시 소음과 진동이 적다. 이로 인해 도심 및 주거 지역에서 노이즈 오염이 줄어들어 환경을 보호할 수 있다. 신재생 에너지 활용이다. 하이브리드 차량은 브레이킹 시 발생하는 에너지를 회수하여 배터리를 충전하는 기능을 가지고 있다. 이는 신재생 에너

지를 활용하는 한 방법으로, 에너지의 재활용을 촉진한다. 환경 정책 지원이다. 많은 국가와 지역에서 환경보호를 위해 환경 세제 혜택이나 장려금을 하이브리드 차량 소유자에게 제공하고 있다. 이는 더 많은 사람들이 친환경 차량을 선택하도록 독려하며, 환경 보호를 지원한다. 기술 발전 동력이다. 하이브리드 차량의 성장은 전기 모터 및 배터리 기술 등의 발전을 촉진한다. 이러한 기술 발전은 전체 자동차 산업에서 친환경 기술의 발전을 촉진하는 원동력이 된다. 요약하면, 하이브리드 차량은 내연 기관과 전기 모터의 혼합을 통해 연료 효율성을 개선하고 유해 가스 배출을 줄여 환경보호에 기여한다. 이로써 미래의 지속 가능한 교통 및 환경을 위한 중요한 선택지로 자리 잡고 있다.

REFERENCES

- [1] J. D. Kim & M. K. Song. (2015). Characteristic of Surface Hardening by Laser Power Control in Real Time of Spheroidal Graphite Cast iron. *Journal of KSLP*, 18(2), 1-4.
- [2] G. Y. Kim. (2013). Effects of Mo on the Mechanical Properties of Ductile Cast Iron with Cu Austempered at 380°C. *Journal of the Korean Society for Heat Treatment*, 26(5), 219-224.
- [3] D. K. Lee, S. K. Kim & B. W. Lee. (2013). Heat Resistance Properties of Thin Section HiSiMo Ductile Iron for Exhaust Manifold. *Journal of the Korean Society for Power System Engineering*, 17(4), 109-114.
- [4] H. S. Son & B. K. Choi. (2011). Optimization of Conditions of Forming Quality for Hot-press-formed Lower Control Arm Using Finite Element Analysis”, *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, 19(1), 45-50.
- [5] D. H. Park, J. G. Hwang, J. H. Kim, B. Y. Kim & S. H. Hong. (2010). Study on Hot Air Forming of Automotive Control Arm using Al Tube. *In Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference* (pp. 35-36). Korean Society for Precision Engineering.
- [6] E. H. Lee. (2020). Corona 19 Generation, How is mental health. *Gyeonggi: Issues & Diagnosis*, 414, 1-25.
- [7] H. W. Jeon & H. C. Lee & Suk. Joon. Yun & H. J. Lee. (2021). Factor of Quality of Life during

- COVID-19 era among 69 countries. *Korean public health research*, 47(3), 59-70.
DOI : 10.22900/kphr.2021.47.3.006
- [8] H. E. Lee & S. J. Kang.(2021). The Impact of the COVID-19 Pandemic on Health-Related Quality of Life (HRQOL) in Korea. *Korean journal of physical education*, 60(3), 247-259.
DOI : 10.23949/kjpe.2021.5.60.3.18
- [9] S. K. Ha & H. S. Lee & H. Y. Park. (2021). Impact of COVID-19 on Individual Depression and Quality of Life: Focusing on Differences by Age Group. *Therapeutic Science for Neurorehabilitation*, 10(3), 111-122.
DOI : <http://dx.doi.org/10.22683/>
- [10] H. K. Kim. (2021). The Effect of Stress Caused by the Spread of COVID-19 on the Quality of Life in University Students: The Moderating Effect of Family Health. *The Journal of Korean Society for School & Community Health Education*, 22(3), 17-27.
DOI : <http://dx.doi.org/10.35133>
- [11] H. K. Kwon & M. H. Seong. (2021). Effects of COVID-19 Fear, Anxiety, and Depression on Health-related Quality of Life in the Elderly. *The Journal of Humanities and Social science*, 12(4), 1303-1318.
- [12] S. E. Kim. (2020). A convergence study of stress caused by the epidemic of COVID-19, quality of life and positive psychological capital. *Journal of the Korea Convergence Society*, 11(6), 423-431.
DOI : <http://dx.doi.org/10.15207>
- [13] N. R. Bae & J. W. Kim. (2021). Study on Experience of Prospective Social Workers Participated in Social Welfare Field Practice during COVID-19 Pandemic. *Journal of the Korea Convergence Society*, 12(11), 301-310.
DOI : <https://doi.org/10.15207>
- [14] K. R. Han. (2021). Changes in Elder's Lives and Death by COVID-19. *The Korean Association of Ethics*, 133, 171-191.
DOI : 10.15801/je.1.133.202106.171
- [15] D. H. Lee & Y. J. Kim & D. H. Kim & H. H. Whang & S. G. Nam & J. Y. Kim. (2020). The Influence of Public Fear, and Psycho-social Experiences during the Coronavirus Disease 2019(COVID-19) Pandemic on Depression and Anxiety in South Korea. *Korean Journal Of Counseling And Psychotherapy*, 32(4), 2119-2156.
- [16] S. M. An & H. A. Kim. (2021). A Concept Analysis of subject well-being in the COVID-19 era. *Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology*, 10(2), 171-183.
- [17] S. H. Hong. (2021). An Exploratory Study of Daily Life and Coping Behaviors Since the Onset of COVID-19: Data from University Students. *Journal of Families and Better Life*, 39(2), 47-61.
DOI : 10.7466/JFBL.2021.39.2.47
- [18] E. H. Lee. (2020). *Corona 19 Generation, How is mental health*. Gyeonggi: Issues & Diagnosis, 414, 1-25.

이 정 익(Jeong-Ick Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한양대학교 공과대학. 기계공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 공과대학. 정밀기계공학과 (공학석사)
- 1999년 8월 : 한양대학교 공과대학. 정밀기계공학과 (공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 12월 : (주)대우전자. 중앙연구소 (선임연구원)
- 2000년 3월 ~ 2007년 2월 : 용인송담대. 자동차기계설계전공 (교수)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공전. 기계공학부. 기계설계과 (교수)
- 관심분야 : CAD/CAM/CAE, 스마트팩토리, 생산자동화, 사출금형, 주조, 용접, 유비쿼터스 Eng., Nano, MEMS, BIOMECHANICS
- E-Mail : jilee@inhac.ac.kr