

엔진오일 누유 가시화 및 식별력 증대를 위한 기동화력장비 엔진 공정개선

서석호, 김지훈, 오대산*
국방기술품질원

Process Improvement of Land System Engine for Visualization and Increasing Identification of Engine Oil Leakage

Suk Ho Seo, Ji Hoon Kim, Dae San Oh*
Defense Agency for Technology and Quality

요약 최근 2년간 군 기동화력장비의 엔진 생산 공정 중에 발생한 주요 품질문제 중에는 엔진오일 누유가 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 이를 최소화하기 위해서는 엔진오일 누유에 대한 근본적인 원인 파악과 다빈도로 발생하는 누유 부위에 대한 파악이 필요할 뿐만 아니라 더 나아가 품질비용 감소를 위해서는 엔진 조립 및 검사공정에서 누유에 대한 사전식별이 필요하다. 본 연구에서는 형광염료가 주입된 엔진오일을 통하여 누유를 가시화하고 엔진오일 누유 현상에 대한 식별성을 증대시켜 군 기동화력장비 엔진의 생산품질을 향상시키고자 하였다. 이를 위하여 기존에 사용하는 엔진오일과 형광염료가 주입된 엔진오일의 특성분석을 통하여 대체 가능성에 대해 검토하였으며 엔진오일 주입 공정과 누유검사 공정을 개선하여 엔진오일 누유에 의하여 발생할 수 있는 정비기간 및 시간을 최소화 시키고자 하였다. 최종적으로 본 연구결과를 토대로 군 기동화력장비 엔진의 신뢰도 확보 및 엔진 생산업체의 품질관리 능력 향상을 통하여 엔진 생산공정간 발생할 수 있는 품질비용을 최소화 시킬 수 있다고 사료된다.

Abstract Engine oil leaks comprise the largest percentage of the major quality problems that have occurred during the engine production process for military land system equipment over the last two years. To minimize this, it is essential to understand the root cause of the engine oil leakage and perceive the more common leakage area, as well as reduce the quality costs of pre-identification for leaks in the engine assembly process and single items. Therefore, in this study, the mass production quality of engines installed and operated in power equipment was improved by visualizing the engine oil leakage injected with the fluorescent dye and increasing the identification of the engine oil leak phenomenon. For this reason, the possibility of substituting the engine oil was considered and the engine oil was injected with the fluorescent dye. The maintenance was improved by reforming the engine oil injection process and leakage inspection process. Finally, these results suggest that the quality costs between mass production processes can be minimized by ensuring the reliability of military engines by reducing the user's complaints and improving the quality control capabilities of engine manufacturers.

Keywords : Engine, Engine Oil, Oil Leakage, Fluorescent Dye, Ultraviolet Lamp

*Corresponding Author : Dae San Oh(Defense Agency for Technology and Quality)

email: daesan@dtaq.re.kr

Received November 18, 2019

Accepted March 6, 2020

Revised December 9, 2019

Published March 31, 2020

1. 서론

엔진은 장갑차, 전차, 자주포 등 전투 궤도장비와 차륜형 장비에 탑재되어 심장과 같은 중요한 역할을 하는 동력발생장치이다[1-3]. 이러한 엔진 내부를 순환하는 윤활유인 엔진오일(Engine oil)은 동작부품의 냉각, 밀봉, 방청, 응력분산, 청정 등의 다양한 역할을 수행한다. 또한, 엔진부품 간 마찰손실을 줄여 각 부품의 수명을 연장하고 내구성을 향상시키는 중요한 기능을 한다[4-6].

한편, 엔진에서의 누유는 엔진오일의 소모를 빠르게 증가시키고 이로 인하여 엔진 내부 부품간의 지속적인 마모를 발생시켜 이물질 생성을 야기 시킨다. 이러한 현상이 지속됨에 따라 장비 이상 현상 등을 포함한 사고 발생 가능성이 높아지며 장비 운용 간 최악의 경우 엔진 작동이 멈추는 치명적인 문제를 야기할 수 있다[7-8]. 그러므로 장비의 누유 발생 가능성을 최소화하는 과정으로써 엔진 검사공정에서의 누유 식별은 상당히 중요한 품질확인사항이라고 할 수 있다. 또한, 2016 ~ 2017년간 기동화력장비에 탑재되는 엔진 생산 공정에서 누유 47 %, 도장 및 피막 11 %, 간섭 9 % 등 여러 품질문제가 발생하였으며, 이중 누유가 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

일반적으로 엔진오일 누유현상을 식별하려면 장비 외형에 빛을 비추어 육안으로 빛의 반사정도나 얼룩을 확인하여 누유여부를 판단하여야 하는데, 빛의 입사각도, 광원 및 주위환경 등에 따라 식별의 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 형광염료가 주입된 엔진오일을 통하여 누유 부위를 가시화하고 누유 식별력을 증대시켜 기동화력장비 엔진의 생산품질을 향상시키고자 하였다. 먼저, 형광염료의 적용가능성 여부를 판단하기 위하여 기존 엔진오일과 형광염료가 첨가된 엔진오일의 특성을 비교분석하였고, 형광염료가 주입된 실제 엔진 성능시험을 통해 유효성 평가를 수행하였다.

또한, 본 개선방안에 대한 적용방법을 강구하고자 형광염료 자동주입 장치를 이용한 기동화력장비 엔진의 엔진오일 주입 공정에 대한 개선방안을 정량주입, 혼용제한, 청정처리 등을 고려하여 검토하였다. 이러한 검토결과를 바탕으로 실제 기동화력장비 엔진의 엔진오일 주입 공정에 적용하여 실시하는 방안을 모색하였다.

본 연구결과를 통하여 엔진 누유발생의 근본원인 파악과 공정 및 품질개선이 가능하다고 판단되며, 이를 통해 기동화력장비 엔진의 신뢰도 확보 및 생산업체 품질관리 능력 향상에 의한 품질비용을 최소화 시킬 수 있다고 사료된다.

2. 형광염료 적용가능성 검토

2.1 형광염료 선정

일반적인 엔진의 누유검사는 빛을 비추어 육안으로 엔진오일의 누출을 식별하지만, Fig. 1과 같이 엔진의 시운전 및 성능검사 시 형광염료가 혼합된 엔진오일에 자외선(Ultraviolet light)을 조사하여 형광염료가 발광하는 부위를 보다 쉽게 식별할 수 있어 누유부위의 누유검출력을 극대화 시킬 수 있다.

본 연구에서는 엔진 누유 부위의 미세 누유 검출력을 증대시키기 위하여 상용제품인 Fluorescent Yellow 131SC(Rohm and hass Co.) 형광염료를 사용하였다. 일반적으로 Fig. 2와 같은 형광염료는 윤활유 회로 내 누출 인식을 위한 형광 색소이며 누설 또는 누출을 감지하는데 사용된다[9].

엔진오일에 형광염료를 주입하여 엔진오일 누유에 대한 검출력을 증대시키는 것에 대한 연구는 수행된 바가 거의 없었다. 그러나 디젤 엔진 연료분사장치에 형광염료를 주입 후 자외선 조사를 통하여 미세 누유를 검출한 사례는 찾아볼 수 있다[10]. 이 사례는 연료뿐만 아니라 오일 등의 엔진 윤활계통에도 형광염료를 적용할 수 있다면, 엔진에서 발생할 수 있는 미세누유의 검출력을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

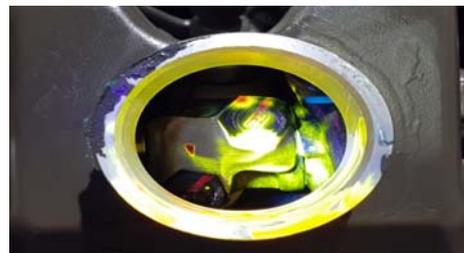


Fig. 1. Engine oil with fluorescent dye irradiated by ultraviolet light



Fig. 2. Fluorescent dye for detection of engine oil leakage

Table 1. Characteristic analysis of engine oil and engine oil with fluorescent dye

Characteristic		Criteria	Engine oil without fluorescent dye	Engine oil with fluorescent dye
Flash point(°C)		Min. 195	248	234
Low temperature apparent viscosity(-30 °C, Pa·s)		Max. 7.00 (-20 °C)	4.75	6.10
Kinematic viscosity(100 °C, mm ² /s)		12.5 ~ 16.3	15.01	14.73
Viscosity index		Min. 85	147	155
Pour point(°C)		Max. -24	-33	-36
Oxidation stability (165.5 °C, 24h)	Viscosity ratio	Max. 1.5	1.2	0.98
	Increase of acid number(mgKOH/g)	Max. 1.6	0.45	0.1
	Sludge attachment state	No sticking	No sticking	No sticking

2.2 엔진오일 특성 비교분석

본 연구에서는 형광염료가 포함된 엔진오일을 기동화력장비 엔진으로의 적용 가능성을 알아보기 위해 기존에 사용하는 엔진오일과의 특성비교를 수행하였다.

먼저 기존 엔진오일과 미소량(약 0.02 %)의 형광염료가 첨가된 엔진오일의 비교를 위하여 각각의 시료에 대한 특성분석을 수행하였다. 그 결과를 Table 1에 나타내었으며, 엔진 국방규격서의 인용규격인 내연기관용 윤활유(KS M 2121, SAE 15W40) 기준에 적합한지를 검토하였다[11].

인화점(Flash point)은 석유제품을 가열하여 유증에 불꽃을 접근시켰을 때, 순간적으로 점화되었다가 꺼지는 온도를 말한다. 기존 엔진오일의 경우 248 °C, 형광염료가 첨가된 엔진오일은 234 °C로 두 결과 값 모두 기준인 195 °C 이상을 충족하였다.

저온 걸보기 점도(Low temperature apparent viscosity)는 저온에서 시동할 때 측정된 엔진오일의 점도를 의미하며, 기존 엔진오일은 4.75 Pa·s, 형광염료가 첨가된 엔진오일은 6.10 Pa·s로 두 결과값 모두 저온 걸보기 점도 7.00 Pa·s(-20 °C)이하 기준을 충족하였다.

동점도(Kinematic viscosity)는 중력 아래에서의 유체 흐름에 대한 저항으로 기존 엔진오일 측정결과 15.01 mm²/s임을 확인하였으며, 형광염료가 첨가된 엔진오일은 14.73 mm²/s로 두 결과 값 모두 12.5 ~ 16.3 mm²/s 기준에 만족하였다.

점도지수(Viscosity index)는 온도에 따른 석유제품의 점도 변화를 특정화하기 위해 일반적인 등급의 수를 사용하는 것이며, 기준은 85 이상이다. 시험결과 기존 엔진오일의 점도지수는 147, 그리고 형광염료가 첨가된 엔진오일의 점도지수는 155로 모두 기준을 만족하였다.

냉각시 유동상태를 유지할 수 있는 최저온도인 유동점(Pour point)은, 기존 엔진오일의 경우 -33 °C 이며, 형

광염료가 첨가된 엔진오일은 -36 °C로 측정되었다. 두 결과 값 모두 유동점 -24 °C 이하 기준을 충족하였다.

다음으로 산화안정도(Oxidation stability)는 엔진내부에서 오일이 공기, 열, 촉매 등에 의해 산화 또는 열화되는 정도를 측정하는 것으로 점도비, 전산가 증가량, 슬러지 부착상태로 나타낼 수 있다.

이 중 점도비(Viscosity ratio)란 일정조건에서 산화 후 산화 전과 산화 후의 점도를 비교하여 오일 점도변화를 측정하는 것으로 기준은 1.5 이하이다. 기존 엔진오일의 점도비는 1.2, 그리고 형광염료가 첨가된 엔진오일의 점도비는 0.98로 모두 충족하였다. 전산가의 증가량(Increase of acid number)은 시료 1g 안에 함유된 산성성분을 중화하는데 필요한 수산화칼륨(KOH)의 양을 mg단위로 측정하는 것이며, 기존 엔진오일과 형광염료가 첨가된 엔진오일 각각 0.45 mgKOH/g, 0.1 mgKOH/g로 두 결과 모두 전산가 증가량 1.6 mgKOH/g 이하 기준을 충족하였다. 마지막으로 슬러지 부착상태(Sludge attachment state)는 오일이 실린더 벽면, 피스톤 링 등 각종 윤활부위에 늘어붙어 엔진 냉각불량, 윤활불량 등을 야기하는 슬러지 부착정도를 측정하는 것으로 기존 엔진오일과 형광염료가 첨가된 엔진오일 모두 기준조건인 부착 없음과 동일한 상태임을 확인하였다.

이러한 특성분석 결과는 형광염료가 혼입된 엔진오일을 기존 엔진오일의 대체 적용 가능함을 보여준다.

2.3 엔진성능 유효성 평가

형광염료가 첨가된 엔진오일을 주입한 엔진의 성능시험을 통해 유효성 평가를 수행하였다. 그 결과 정격출력, 최대토크, 오일압력 등 엔진 규격의 성능 요구조건을 모두 충족하였다.

형광염료는 가스켓, 오일 씰, 조립부 등 육안으로 식별이 어려운 부위에 대해 직관적인 누유현상 관측이 가능

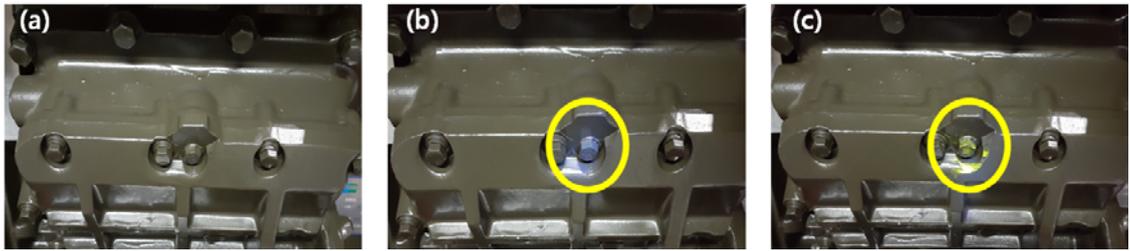


Fig. 3. Observation of engine oil leakage area
 (a) Without irradiating ultraviolet light(Engine oil without fluorescent dye)
 (b) With irradiating ultraviolet light(Engine oil without fluorescent dye)
 (c) With irradiating ultraviolet light(Engine oil with fluorescent dye)

하며 미소 누유 부위에 대한 식별이 용이하다는 장점이 있다. 사실상 엔진 성능시험 후 엔진오일의 누유 현상이 발생하게 되었을 때, Fig. 3 (a)에서와 같이 육안으로 누유 부위에 대한 명확한 식별은 불가능하며, Fig. 3 (b)와 같이 누유 부위를 식별 하였더라도 형광염료가 첨가되지 않은 상태에서는 미소량의 누유 정도를 명확히 진단하기 어려운 상태라고 할 수 있다. 하지만 Fig. 3 (c)와 같이 형광염료가 첨가된 엔진오일에 자외선을 조사한 경우 형광염료의 발광으로 누유 부위와 누유 정도에 대한 명확한 식별이 가능하다.

또한, 기존에 식별이 불가능했던 엔진 조립공정에서 도포되거나 묻어 있던 엔진오일과 실제 엔진 내부에서 흘러나온 엔진오일의 구분이 가능하다는 가장 큰 장점이 있기 때문에 엔진 성능시험간 엔진오일 누유에 대한 검출력을 증대 시킬 수 있었다.

3. 엔진 생산공정 개선결과

3.1 엔진오일 주입공정 개선

기존 엔진오일 주입공정은 시운전 및 성능시험용 엔진을 준비 후 엔진오일 주입량에 따라 엔진오일을 주입 후 설정량에 따른 주유 상태를 확인하는 절차로 수행되어 왔다.

반면, 본 연구에서는 기존의 엔진오일 주입공정에 형광염료 주입공정을 적용하고자 형광염료 주입시 형광염료 극소량에 대한 정량주입, 혼용제한, 청정처리 등을 주요 중점사항으로 고려하였으며, 주입되는 엔진오일과 형광염료의 혼입을 원활하게 유도하는 것을 주요 사안으로 판단하였다.

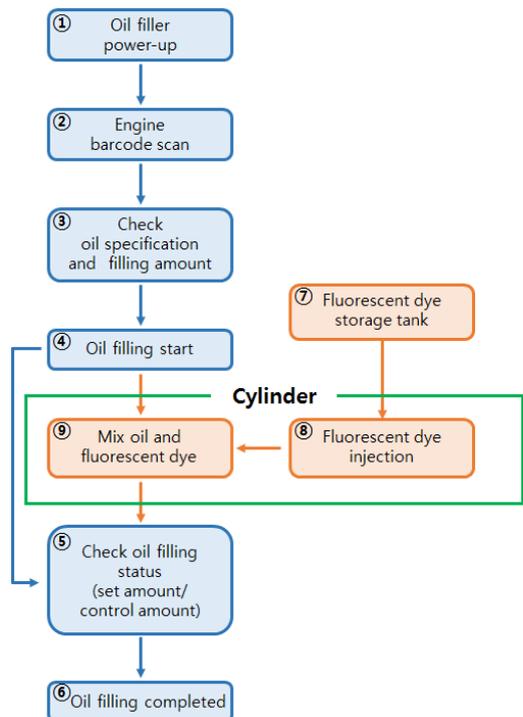


Fig. 4. Improved engine oil filling process with fluorescent dye automatic injection equipment

이를 통해 새로이 고안한 엔진오일 주입공정은 기존 엔진오일 주입공정에 형광염료 주입 공정을 추가한 개선된 공정이며, 이를 Fig. 4의 흐름도로 나타내었다.

Fig. 4는 기존 엔진오일 주입공정(①~⑥)에 형광염료 주입공정(⑦~⑨)을 적용하여 개선한 공정 흐름도이다. 기존공정 중 엔진오일 주입이 시작되는 공정(④)과 엔진 오일 주입 완료 후 엔진오일 주입상태(주입량/설정량)를 확인하는 공정(⑤) 사이에 실린더 내에서 형광염료 자동주입 장치를 적용한 형광염료 주입공정(⑦~⑨)이 추가된 것을 확인할 수 있다. 특히 엔진오일에 극소량의 형광염료

를 주입하는데 있어 염료의 적정한 투입량 조절이 중요하며, 이를 혼합하는 과정도 중요하다.

또한, 본 연구에서는 개선된 공정 흐름도를 착안하여 형광염료 자동주입 장치가 추가된 엔진오일 주입 설비로 개량하였으며 이는 Fig. 5의 구조도를 통해 확인할 수 있다.

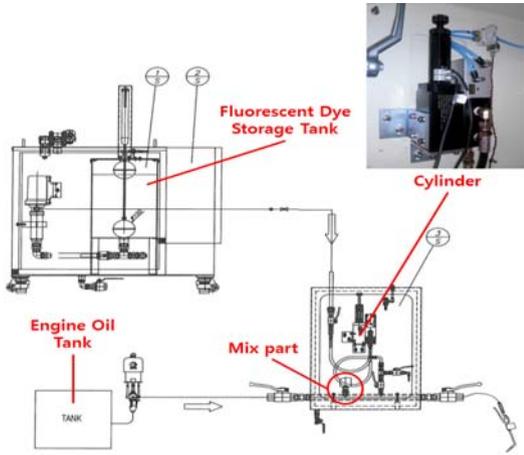


Fig. 5. Schematic flow of automatic equipment for fluorescent dye included engine oil filling process

기존 설비는 엔진오일 저장탱크로부터 오일주입건을 통해 설정된 정량의 엔진오일을 주입하는 방식이었다. 반면, 개선된 공정은 형광염료 자동 주입 장치인 정량 실린더를 적용하여 주입하고자 하는 일정량의 형광염료를 주입신호에 맞춰 토출시킨 후, 형광염료를 Fig. 5의 염료 혼합부(Mix part)에서 엔진오일과 함께 혼합을 유도하게 된다. Fig. 4의 엔진오일 주입공정 흐름도 중 ④ 공정이 후 ⑤공정으로 넘어가기 전에 ⑦~⑨의 공정을 거쳐 형광염료를 엔진오일에 혼합한다. 이에 대한 공정을 개략적으로 표현한 것이 Fig. 5이며, 이 때 자동주입 장치를 통해 토출되는 형광염료의 용량은 주입되는 엔진오일 용량에 대비하여 약 0.02 %를 주입하게 된다.

3.2 엔진 누유검사 공정 개선

형광염료를 첨가한 엔진오일이 주입된 엔진은 엔진 동력계에서 시운전 및 성능시험을 수행하게 된다. 기존 누유검사는 Fig. 6에서 확인할 수 있듯이 시운전 및 성능시험(①~⑧) 중 엔진 시동 및 조정(③)후 육안으로 1차 누유검사(④)를 실시하며, 엔진 성능 측정(⑥)이 완료된 후 육안으로 2차 누유검사(⑦)를 진행하게 된다. 이처럼 기존의 엔진 누유검사 과정은 시운전 중 혹은 성능시험 완료 후, 육안 검사 등의 관능검사를 수행하는 방식이었다.

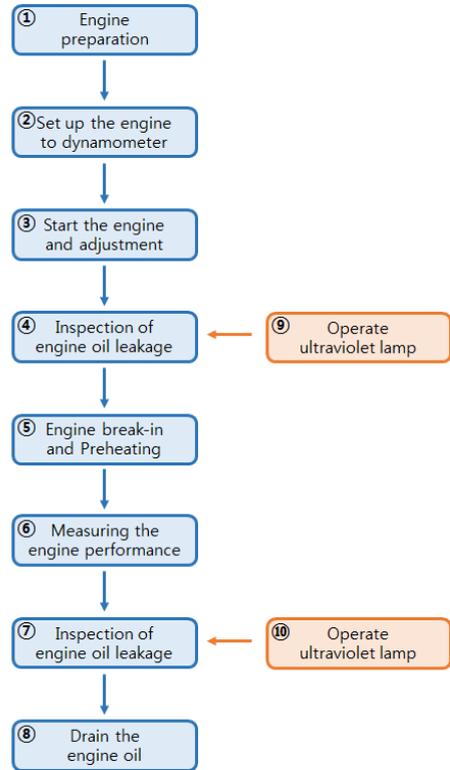


Fig. 6. Improved engine oil leakage inspection process by ultraviolet lamp

하지만 본 연구를 통해 개선된 엔진 누유검사 공정은 기존 육안으로 실시하는 누유검사 공정에 자외선을 조사하는 공정(⑨, ⑩)을 추가하여 누유 여부를 판단하며, 누유검사 부위(12개소)를 Table 2와 같이 표준화하여 주요 누유부위에 대한 누유 여부를 판단하게 된다.

Table 2. Inspection area of engine oil leakage parts for military engine

No.	Inspection area
1	Head gasket
2	Head cover gasket
3	Starter gasket
4	FWH(Fly Wheel Housing) gasket
5	Oil pan gasket
6	Oil cooler
7	Oil filter
8	Cylinder block oil line
9	Cylinder head oil line
10	Front/Rear oil seal
11	Oil pipe
12	Oil line plug

누유검사 중 자외선이 조사된 누유 부위는 형광염료에 의하여 연두색으로 발광하기 때문에 기존의 검사 방법 대비 엔진 주요부위에 대한 누유여부 및 누유량 등에 대한 검출력을 증대시킬 수 있다고 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 기존 엔진오일에 형광염료를 첨가하고 자외선 조사방법을 누유검사에 적용함으로써 누유를 가시화하고 식별력을 증대시켰다. 이를 통하여 기동화력장비에 탑재되는 군용 엔진 양산품질을 향상시키고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

형광염료가 첨가된 엔진오일은 내연기관용 윤활유의 한국산업표준과 동등이상임을 검증 하였으며, 엔진성능 유효성 평가를 통해 기존 엔진오일과 동등한 윤활 및 마모방지 기능을 유지함을 확인할 수 있었다. 또한, 자외선 조사 시 형광염료의 발광에 의한 엔진오일의 누유부위 확인을 통하여 엔진 누유발생의 근본원인 파악과 공정 및 품질개선이 가능하다고 판단하였다.

이에 따라 엔진오일 주입공정과 누유검사 공정을 개선한 결과, 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

엔진 시운전 및 성능시험 간 누유 검출력을 증대하여 출하 후 발생할 수 있는 엔진오일 누유로 인한 부품간의 마모, 소착 및 고장을 사전에 차단할 수 있으며, 이를 통해 엔진 납품 후 누유로 인하여 발생 가능한 정비시간 및 정비비용 과다소요 등 품질비용을 최소화 시킬 수 있다고 사료된다.

또한, 엔진오일뿐만 아니라 이와 유사한 유압유를 사용하는 변속기, 유압펌프 등 기타장비의 누유검출 및 검사 시에 본 연구결과를 적용할 수 있다고 판단된다.

References

[1] G. Pitcher, Dr. G. Wigley, and M. Saffman, "Velocity and drop size measurements in fuel sprays in a direct injection diesel engine", *Particle Systems Characterization*, Vol 7, No. 1, pp. 160-168, Feb. 1990. DOI: <http://doi.org/0176-2265/90/0309-00160>

[2] R. B. Joly, S. O. T. Ogaji, R. Singh, and S. D. Probert, "Gas-turbine diagnostics using artificial neural-networks for a high bypass ratio military turbofan engine" *Journal of Applied Engine*, Vol. 78, No. 4, pp. 397-418, Aug. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2003.10.002>

[3] L. Wong, E. Jefferis, and N. Montgomery, "Proportional hazards modeling of engine failures in military vehicles", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 16, No. 2, pp. 144-155, Jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1108/13552511011048896>

[4] E. J. Ekanem, J. A. Lori, and S. A. Thomas, "The determination of wear metals in used lubricating oils by flame atomic absorption spectrometry using sulphanic acid as ashing agent", *Talanta*, Vol. 44, No. 11, pp. 2103-2108, Nov. 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(97\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(97)00086-6)

[5] G. K. Sharma and O. P. Chawla, "Modelling of lubricant oil alkalinity in diesel engines", *Tribology International*, Vol. 21, No. 5, pp. 269-274, Oct. 1988. DOI: [https://doi.org/10.1016/0301-679X\(88\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0301-679X(88)90004-7)

[6] Y. Uehara, M. Wakuda, Y. Yamauchi, S. Kanzaki, and S. Sakaguchi, "Tribological properties of dimpled silicon nitride under oil lubrication", *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 24, No. 2, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0955-2219\(03\)00220-6](https://doi.org/10.1016/S0955-2219(03)00220-6)

[7] J. G. Choi, "Future trends of gasoline engine oil", *Journal of the Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 20, No. 4, pp. 29-39, Aug. 1998.

[8] I. G. Lee and Y. S. Jeon "Case study on Functions of Engine oils and oil related failures", *Journal of the Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 20, No. 4, pp. 51-59, Aug. 1998.

[9] J. Park, B. Partridge, and S. Whitacre, "Rapid in-Situ Measurement of Fuel Dilution of Oil in a Diesel Engine using Laser-Induced Fluorescence Spectroscopy," 42 pages, October 29, 2007 by SAE International, 42 pages. DOI: <https://doi.org/10.4271/2007-01-4108>

[10] C. R. Cho., "Leakage Detcting system of Disel Engine Injector and Algorithm of Controlling System", Korean Intellectual Priority Office, 10-2003-0030938, 2003.

[11] Korea Standard, KS M 2121, "Internal Combustion Engine Oils", Dec. 2015.

서 석 호(Suk Ho Seo)

[정회원]



- 2015년 2월 : 충남대학교 재료공학과(공학학사)
- 2017년 2월 : 충남대학교 신소재공학과(공학석사)
- 2017년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질연구원

<관심분야>

국방품질경영, 신소재공학, 금속재료공학

김 지 훈(Ji Hoon Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 숭실대학교 유기신소재·파이버 공학과(공학학사)
- 2015년 2월 : 숭실대학교 유기신소재·파이버 공학과(공학석사)
- 2014년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방품질경영, 신소재공학, 재료공학

오 대 산(Dae San Oh)

[정회원]



- 2013년 8월 : 연세대학교 기계공학 (공학석사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 자동차공학과 (박사과정)
- 2014년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

디젤엔진 유량 측정, 차량 연료분사시스템 제어