Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 23, No. 5 pp. 253-260, 2022

https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.5.253
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

K56 탄약운반차 엔진용 실린더 블록 등 3종 국산화 개발을 통한 시험평가 방안 설계에 관한 연구

고동현*, 문태상
국방기술품질원

Research on Test Evaluation Design through Localization of 3 Items Including Cylinder Block for K56 Engine

Dong-Hyeon Ko*, Tae-Sang Moon
Defence Agency for Technology and Quality

요 약 궤도차량용 엔진 핵심부품인 실린더 블록, 실린더 헤드 조립체, 송풍기 조립체는 설계, 제작에 대한 국외 의존도가 높아 국고 낭비는 물론 유사시 정비, 조달 등 군수지원과 군 전투력 발휘에 문제가 예상된다. 따라서 수입대체 효과에 따른 비용절감과 획득한 무기체계의 운용 유지의 용이성을 위해 K56 탄약운반차 엔진의 핵심 부품인 실린더 블록 등 3종에 대한 국산화 개발 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 K56 탄약운반차 엔진용 실린더 블록 등 3종에 대한 역설계를 통해 개발품의 제원 및 특성을 분석하고, 시험평가 방안을 설계하였다. 개발품의 특성에 따라 시험평가 방안을 설계하였으며, 수입품 대비 동등이상의 성능을 입증하는 방식으로 진행하였다. 시험평가 결과 수입품 대비 95 % 이상의 성능을 만족하며 개발품의 안전성과 신뢰성을 입증하였다. 국산화 개발을 성공적으로 완료함에 따라 향후 창정비 시 안정적인 자재수급과 원활한 군수지원이 가능할 것으로 판단되며, 해당 부품 개발 시 축적된 제조 기술과 시험평가 설계 기술은 유사 부품의 국산화 시 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This study focused on the localization of the K56 engine's cylinder block, cylinder head, and blower. In particular, we developed the manufacturing technology and test evaluation criteria for these engine components by analyzing their original versions. Notably, we developed the test evaluation criteria for these engine components by considering the conditions used in the military for this test evaluation. The test evaluation of these components (which were both localized and imported) showed that the performance of more than 95% of the imported components was satisfactory. This test evaluation also proved the safety and reliability of the localized components. Thus, it is possible to stably supply the K56 engine components for engine maintenance and reduce the components' costs due to the import substitution effect through this localization. It is also expected that the manufacturing technology and test evaluation criteria accumulation for the localization of the K56 engine's three components through this study can be used in the localization of similar components.

Keywords : Cylinder Block, Cylinder Head, Blower, Test Evaluation, Localization, Development Process

*Corresponding Author : Dong-Hyeon Ko(DTAQ)
email: pulsation_h@dtaq.re.kr
Received March 30, 2022 Revised April 25, 2022
Accepted May 6, 2022 Published May 31, 2022

1. 서론

궤도차량용 엔진 핵심부품인 실린더 블록 등 3종은 설계, 제작에 대한 국외 의존도가 높아 국고 낭비는 물론 유사시 정비, 조달 등 군수지원과 군 전투력 발휘에 문제가 예상된다. 본 연구는 획득한 무기체계의 운용 유지의 용이성과 수입대체 효과에 따른 비용절감을 위해 진행되었으며, 연차별 개발 목표를 설정하여 체계적으로 진행되었다. Fig. 1은 연차별 주요 개발업무 흐름도를 나타낸다[1,2]. 개발 1년차에 체계업체가 보유한 기술 자료와 소요군에서 제공한 현품 분석을 통해 소재를 선정한 후, 주조 기술, 가공 기술, 성능시험장비 등의 개발을 진행한다. 2년차에는 1년차에서 개발한 원천기술을 토대로 시제를 제작하여 양산 품질의 안정성 및 재현성을 확보한다. 최종적으로 3년차에 개발시험 및 체계운용 적합성 시험을 실시하여 개발을 완료하게 된다.

본 논문에서는 약 3년에 걸쳐 원제작사 제품을 분석하고, 시제품을 설계·제작한 후 시험평가를 수행하는 과정에서 고안한 개발 프로세스와 시험평가 방법 등을 제시하여 유사 무기체계 및 민수분야 파급효과를 높이고자 한다.

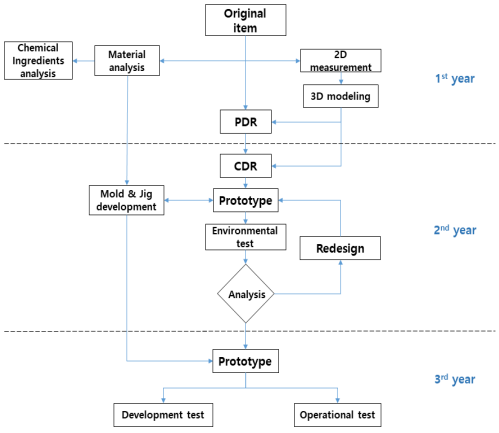


Fig. 1. Flow chart of localization

2. 개발 대상품 분석

2.1 수입품 분석

국산화 대상 품목은 K56 탄약운반차 엔진용 실린더 블록, 실린더 헤드 조립체, 송풍기 조립체로 기존 수입품 대비 동등 이상의 성능 구현 및 기 도입장비와의 호환성을 유지하는 제품을 개발하기 위해서는 역설계를 통한 기본 제원 확보가 필요하다. 따라서 수입품의 성분 분석과 유사품의 재질을 참조하여 국산화 재질 및 제원을 선정하였다.

2.1.1 실린더 블록

실린더 블록은 대형 정밀 주조품으로 크랭크 축, 실린더 헤드, 라이너 및 송풍기 등의 핵심 부품이 설치되는 엔진의 골격 역할을 한다. 실린더 블록의 형상은 Fig. 2와 같고, 제원은 Table 1과 같다.

Fig. 2. The shape of cylinder block

Table 1. Cylinder block specification analysis

Classification	Requirement
Dimension(mm)	900 X 800 X 600
Weight(kgf)	300
Material	Gray cast iron

2.1.2 실린더 헤드 조립체

실린더 헤드 조립체는 실린더 헤드와 단열관으로 구성되어 흡·배기밸브 및 연료 분사노즐이 장착되며, 실린더 블록 상부에 설치되어 실린더 라이너와 함께 연소실을 형성한다. 실린더 헤드 조립체의 형상은 Fig. 3과 같고, 제원은 Table 2와 같다.

Fig. 3. The shape of cylinder head

Table 2. Cylinder head specification analysis

Classification		Requirement
Dimension(mm)		650 X 300 X 150
Weight(kgf)		80
Material	Housing	Gray cast iron + Cr, Mo
	Insulated tube	STS347

2.1.3 송풍기 조립체

송풍기 조립체는 하우징과 로터, 베어링 등으로 구성되며, 실린더 블록 상부에 설치되어 과급기에서 압축된 공기를 2차 압축 후 연소실로 흡입되는 흡기의 충진효율을 증진시키는 역할을 한다. 송풍기 조립체의 형상은 Fig. 4와 같고, 제원은 Table 3과 같다.

Fig. 4. The shape of Blower

Table 3. Blower specification analysis

Classification		Requirement
Dimension(mm)		500 X 330 X 200
Weight(kgf)		30
Material	Housing	AC4C-T6
	Rotor	AC4C-T6
	Rotor shaft	SCM440
performance		Comparison with imported product

3. 제조기술 및 시험평가 방안 설계

3.1 제조기술 개발

국산화 개발품 3종은 K56 탄약운반차 엔진의 주몸체 및 연소실을 구성하는 복잡한 형상의 제품으로 주조기술과 정밀 가공기술을 확보하는 것이 핵심이다. 우선 수입품 역설계를 통해 소재를 분석하고, 3D modeling을 통해 형상을 확보한다. 공인기관을 통해 분석한 재질을 토대로 국내 소재 및 규격으로 대체 가능 여부를 확인 후 재질을 확정하며, 3D modeling을 바탕으로 주입특성, 충진특성, 응고특성을 고려하여 목금형의 형상과 주조방안 설계한다.

3.2 시험평가 방안 설계

해당 품목에 적용되는 기술자료(기 규격화 도면 등)와 관련규격(유사부품 및 체계장비규격 등)을 반영하여 시험평가 방안(항목, 절차, 기준, 조건, 필요장비, 일자/장소 등)을 수립하였고, 체계업체의 의견을 수렴한 후, 심의를 통해 시험평가 방안을 확정하였다.

국산화 개발품의 시험평가는 크게 단위부품 시험, 상위조립체 시험, 체계적합성 시험으로 구성되며, 수입품 대비 성능 및 품질을 검증하는 방법으로 이루어진다. Fig. 5는 개발품의 특성에 따라 수립된 시험평가 절차를 보여준다.

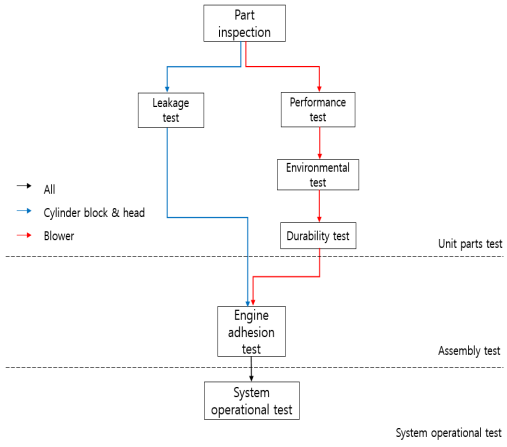


Fig. 5. Flow chart of test and evaluation

3.2.1 단위부품 시험평가 방안 설계

3.2.1.1 실린더 블록 및 헤드 시험평가

실린더 블록과 헤드는 복잡한 형상의 주물품으로 건전성과 치수 그리고 기밀성이 중요한 인자로 판단됨에 따라 부품검사, 기밀시험을 단위부품 시험항목으로 구성하였으며, 단순 주물품으로 환경시험 평가는 생략하였다. Table 4는 실린더 블록과 헤드의 단위부품 시험평가 항목을 보여준다.

Table 4. Evaluation items of cylinder block & head unit parts test

Evaluation items		Standards		Basis
		Cylinder block	Cylinder head	
Part inspection	Material	Gray cast iron	Gray cast iron + Cr, Mo	Comparison with imported product
			STS347	
	Dimension(mm)	900 X 800 X 600	650 X 300 X 150	
	Weight(kgf)	300	80	
Leakage test		No leakage at air pressure 2.8 bar for a 10min		DDC 92K17

Table 5. Evaluation items of blower unit parts test

Evaluation items		Standards	Basis
Part inspection	Material	AC4C-T6, SCM440	Comparison with imported product
	Dimension(mm)	500 X 330 X 200	
	Weight(kgf)	30	
Performance test		95% or more compared to imported product performance	
Environmental test	Low temperature operating test	After exposing the test item to a temperature of -32 ℃ of the storage for at least 24hr, maintain the test item at temperature 32 ℃ of the storage. Conduct a visual examination and an operational checkout of the test item.	KDS 2920-1211, MIL-STD-810E
	Impact test	After performing impacts at 11 ± 1.1 m/s, 30 ± 3 g(3 times for each axis), conduct a visual examination and an operational checkout of the test item.	
	Vibration test	After 180min of vibrate test for each axis, conduct a visual examination and an operational checkout of the test item.	
Durability test		After operating the blower at 5,000 ± 100 rpm for a 256hr, conduct a visual examination and an operational checkout of the test item.	NATO 400hr

부품검사의 기준은 수입품과 국산화 개발품의 치수 및 소재의 기계적 성질을 비교하는 방안으로 수립하였다. 또한, 실린더 블록과 헤드 모두 내부 유로(냉각수, 윤활유, 연료유)간의 기밀성이 제품의 성능을 좌우하는 중요한 인자이므로 수조에 잠입 후 공기를 주입하여 기밀을 확인하는 방안을 수립하였다.

3.2.1.2 송풍기 조립체 시험평가

송풍기 조립체는 초기 엔진 시동 시 과급기의 부족한 압축 성능을 보조하는 역할을 하는 관성체이므로 성능과 내구성에 중점을 두어 부품검사, 성능시험, 환경시험, 내구성시험으로 단위부품 시험항목을 구성하였다. Table 5는 송풍기 조립체의 단위부품 시험평가 항목을 보여준다[3].

부품검사의 기준은 실린더 블록과 동일하나, 송풍기 성능에 대한 뚜렷한 기준이 없어 수입품 2개 시료를 확보하여, 흡기온도 50 ℃, 75 ℃에서 성능시험을 각 5회 실시하여 Fig. 6과 같이 토출 풍속을 측정하였고, 시료의 토출 풍속의 평균값의 95 %이상을 송풍기 조립체 성능 평가의 기준으로 수립하였다.

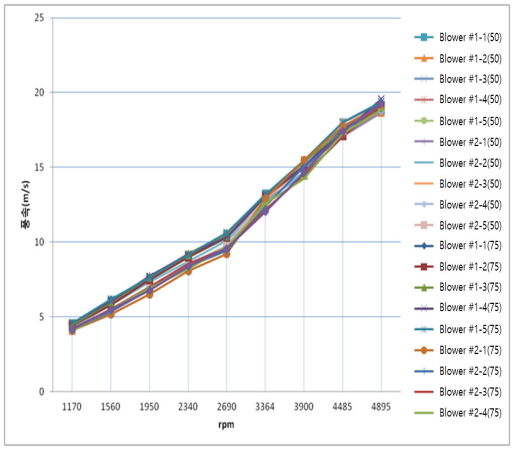


Fig. 6. Performance test result of imported blower

또한, 유사 장비인 K1 엔진용 발전기 국방규격(KDS 2920-1211)을 참고하여 MIL-STD-810E에 따라 환경시험 방안을 수립하였으며, 송풍기의 내구도 시험은 엔진과 송풍기의 기어비를 활용해 엔진의 내구도 시험인 NATO 400hr에 준하여 시험 기준을 수립하였다.

NATO 400hr Test Profile(10시간, 40회)과 K56엔진의 회전속도 참고하여 Eq. (1)을 통해 Table 6과 같이 10시간 1회 가동 시 엔진의 총 회전수 982,800회를 도출하였다[4].

40회 가동 시 엔진의 총 회전수는 39,312,000회이며, 엔진과 송풍기의 기어비(1:1.95)에 따라 송풍기의 총 회전수는 76,658,400회, 최대 rpm은 약 5,000 rpm으로 도출 된다. 따라서 Eq. (1)에 따라 송풍기를 5,000 rpm으로 가동 시 약 256시간을 내구도 시험 시간으로 설정하였고, 누적 80시간, 160시간, 256시간 후 성능시험 기준 만족을 내구도 시험 기준으로 설정하였다.

Table 6. NATO 400hr test profile(1 cycle)

Engine speed(%)	Time(h)	Engine speed(rpm)	Revolution
Idle	0.5	600	18,000
100	2	2,300	276,000
Governed speed	0.5	2,510	75,300
75	1	1,725	103,500
Idle to max	2	600~2,300	194,400
60	0.5	1,380	41,400
Idle	0.5	600	18,000
Governed speed	0.5	2,360	70,800
Max torque speed	2	1,200	144,000
60	0.5	1,380	41,400
Total	10	-	982,800

$$N = \frac{n}{t} \quad (1)$$

Where, n denotes revolution, t denotes time(min)

3.2.2 상위조립체 시험평가 방안 설계

개발된 단위부품은 단위부품 시험 상 규격을 만족할지라도, 상위조립체에 장착 시 문제가 발생할 수 있으므로 상위조립체 시험평가를 진행하여야 한다. 체계장비 규격을 바탕으로 상위조립체 시험인 엔진 부착시험 기준을 수립하였고, QAR(A60080242)에 따르면 고온 및 저온시동 시험을 실시하여야 하나, 내구도 시험 수행 시 엔진이 충분히 가온되므로 고온 시동시험은 생략하였고, 저온 시 엔진오일 점도 상승 등으로 인한 시동성능을 확인하는 시험 또한 개발품과 관련성이 없어 생략하였다.

엔진 부착시험은 내구성 시험을 통해서 이루어지며 엔진 부착시험평가 항목은 Table 7과 같다. 내구성 시험은 최초 성능시험, 엔진 성능시험, 최종 성능시험 3단계로 진행되며 시험 절차는 Fig. 7과 같다.

Table 7. Evaluation items of engine adhesion test

Evaluation items		Basis
Durability test		NATO 400hr
Braking horsepower		QAR A60080242
Torque		
Oil pressure	Idle	
	2,300 rpm	
Speed range		
Idle speed		
Restricted operating temperature	Oil fan	
	Coolant	
Airbox pressure		
Exhaust gas concentration		
Oil consumption		Reflecting the technology review

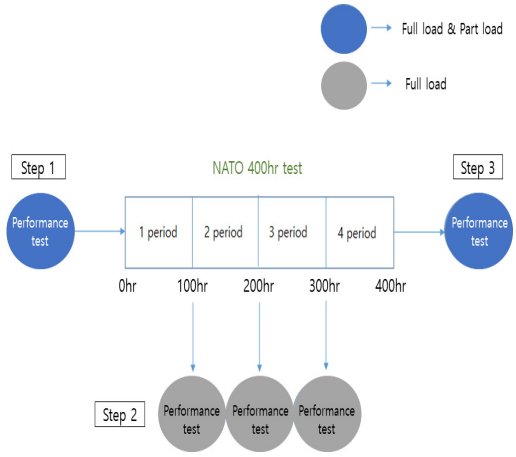


Fig. 7. Road map of Engine durability test

3.2.3 체계운용 적합성 평가 방안 설계

개발된 단위부품은 최종적으로 체계장착 시 운용 간 이상이 없는지 확인하기 위한 체계운용 적합성평가를 진행한다. 체계장비 규격서 KDS 2350-4007을 기준으로 실시하며, 동력장치 성능시험, 차량 예비주행 시험과 기동성능 시험 등으로 구성된다. Table 8은 체계운용 적합성평가 항목을 나타낸다.

Table 8. Evaluation items of system operational test

Evaluation items			Basis
Power pack test	Starter performance		KDS 2350-4007
	Idle speed		
	Idle speed to max		
	Exhaust		
	Engine speed		
	Main pressure		
	Lubricant pressure		
	Leakage and damage		
Preliminary driving test	Preliminary driving speed section		
	Backward driving		
	Idle speed after preliminary driving		
Maneuverability test	Max. speed		
	Driving deflection		
	Slow speed		
	Acceleration performance		
	Slope driving at longitudinal slope 60 %	Whether to take the climb or not	
		Engine stop	
		Engine restart	
		Restart	
	Slope driving at lateral slope 30 %	Whether to take the climb or not	
		Engine stop	
		Engine restart	
		Restart	

4. 시험평가 수행

4.1 시제품 제작

규격화된 QAR, 유사기능 제품 규격서, 원제작사 기술자료, 역설계 자료 등을 통해 규격화 도면(안)을 작성하였고, 규격화 도면(안)을 기준으로 시제품을 제작하였다. 시제품의 수량은 Table 9와 같다.

Table 9. Blower specification analysis

Classification	Quantity
Cylinder block	3 ea
Cylinder head	3 set (2 ea/set)
Blower	4 ea

4.2 시험 평가 결과

4.2.1 단위부품 시험평가 결과

역설계를 통해 확정한 규격화 도면(안)을 기준으로 국산화 개발품 3종에 대한 치수검사, 소재검사, 성능검사를 실시하였다. 범용계측기기 및 3차원 측정기를 활용하여 치수를 측정하고, 절단면 검사 및 비파괴 검사를 통해 소재검사를 실시하여 이상 없음을 확인하였다. 실린더 블록과 헤드는 복잡한 형상의 주물품으로 ISO 945 회주철 및 구상화 주철의 조직형상에 따라 Fig. 8과 같이 정상적인 주물의 미세조직과의 비교를 통해 흑연의 형상이 양호함을 확인하였다. 이후 절단면 검사, 비파괴 검사를 통해 이물질 유입, 두께 과소 등의 건전성을 추가로 확인하여 이상 없음을 확인하였다[5].

(a) (b)

Fig. 8. Microstructure of casting material
(a) Reference (b) Localization casting material

3.2.1.1에서 수립한 시험방법에 따라 실린더 블록과 헤드의 기밀 시험평가를 진행하였고, 내부 유로의 기밀성을 확인하였다. 개발품을 수조에 넣고 시험할 유로를 기밀 후 공압 2.8 bar를 10분간 유지하여 기포 발생여부를 확인하였고 누설 없음을 확인하였다. 송풍기 조립체의 경우 3.2.1.2에서 수립한 기준에 따라 국산화 개발품의 성능을 시험한 결과 수입품 토출 풍속의 95 % 이상임을 확인하였다. Table 10은 국산화 개발된 송풍기 조립체의 성능시험 결과를 보여준다.

Table 10. Blower performance test result

Temperature(℃)		Discharge speed(m/s)		
Developed	Imported	Developed	Imported	Compare
53.38	55.42	4.45	4.37	102%
48.03	51.33	5.90	5.82	101%
71.53	73.12	5.81	5.72	102%
75.16	78.12	7.34	7.20	102%

4.2.2 상위조립체 시험평가 결과

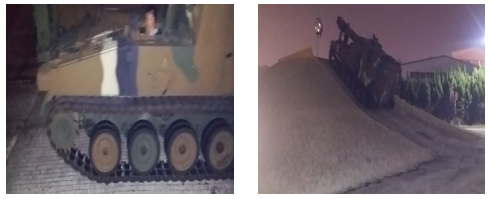
국산화 개발품 3종을 엔진에 부착하여 전북자동차기술원에서 시험을 진행하였고, Table 7의 시험항목들은 엔진 내구성 시험을 통해 확인된다. 시험 방법은 다음과 같다. 최초성능 시험 시 Full load 및 Part load 시험을 실시하고 Brake power를 기록한다. 이후 엔진성능 시험 시 매 Period(100시간) 마다 각 RPM별 Full load 시험을 실시하여 Brake power를 기록하고 최초성능 시험의 95 % 이상을 만족하는지 확인하여 출력 저하 및 엔진 상태를 점검한다. 최종적으로 400시간 내구도 시험을 완료한 후 Full load 및 Part load 시험을 실시하여 Brake power를 기록하고 최초 성능시험의 95 % 이상을 만족하는 확인하고 시험을 종료한다. 그 결과 Table 11과 같이 최종 출력이 초기 출력의 95 % 이상을 만족함을 확인하였으며, 원제작사의 오일 소모량 0.372 lbs/hr 대비 개발품의 엔진 소모량은 0.295 lbs/hr로 양호함을 확인하였다.

Table 11. Engine adhesion test result

Engine speed	Brake power(KW)		Compare
RPM	First	Final	Final/First
1200	186.0	184.2	99.0 %
1400	214.5	212.6	99.1 %
1600	239.7	239.1	99.7 %
1800	262.2	261.2	99.6 %
2100	249.2	291.7	117.1 %
2300	308.7	307.4	99.6 %

4.2.3 체계운용 적합성 평가 결과

국산화 개발품 3종이 부착된 엔진을 장착한 차량으로 Fig. 9와 같이 체계운용 적합성 평가를 실시한다. 체계운용 적합성 평가인 동력장치 성능시험, 차량 예비주행 시험, 기동성능 시험 시험방법은 다음과 같다. 동력장치 검사는 미션, 엔진, 냉각장치를 결합한 파워팩의 성능시험으로 시동기가 00초 이내에 작동 되는지 여부, 공회전 속도, 무부하 최고속도 등을 측정한다. 차량 예비주행 시험은 개발엔진이 장착된 차량으로 예비주행 속도 구간을 운행하고, 15 m 후진하며, 예비주행 후 엔진공회전을 측정한다. 기동성능 시험은 직선구간 1,000 m에서 최대속도를 측정하고, 전진 1단 기어 시 서행 속도, 종경사 60 %에서의 기동성 여부, 횡경사 30 %에서의 기동성 여부를 확인한다. 그 결과 Table 12와 같이 체계규격서 KDS 2350-4007을 모두 충족하는 것을 확인하였다.



(a) (b)

Fig. 9. System operational test
(a) On a flat (b) On a slope

Table 12. System operational test result

Engine speed	Standards	Result
Max. speed	Min. 48 km/h	00.0 km/h
Driving deflection	Max. 0.9 m	0.0 m
Slow speed	Max. 4 km/h	0.0 km/h
Acceleration performance	Max. 16s	00.00s
Slope driving at longitudinal slope 60%	-	OK
Slope driving at lateral slope 30%	-	OK

5. 결론

본 연구에서 약 3년에 걸친 K56 탄약운반차 엔진용 실린더 블록 등 3종의 국산화 개발을 통해 얻은 연구내용 및 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 규격화된 QAR, 체계장비의 규격서(KDS 2350-4007 등), 원제작사 기술자료, 역설계자료(치수, 재질 등의 수입품 분석결과) 등을 통해 시험평가 방안을 설계하였다.
2) 단위부품 성능시험 평가기준은 없었으나 규격화 된 상위조립체 QAR의 성능요구조건과 체계장비의 규격서(KDS 2350-4007 등)를 참조하여 개발품의 특성에 따라 성능시험 평가기준을 선정하였다.
3) 상위조립체의 성능시험과 환경시험은 규격화된 QAR의 성능요구조건을 적용하였고, 내구도시험의 경우 NATO 400hr을 고려하여 시험평가 기준을 선정하였다.
4) 체계운용 적합성 시험은 K56탄약운반차의 체계규격서인 KDS 2350-4007로 선정하였다.
5) 기존 양산에 적용된 수입품과 동일한 성능요구조건을 적용하여 단위부품 시험 및 상위조립체 성능시험을 실시하여 “기준충족”하였으며, 규격화된 QAR 및 규격서(MIL-STD-810E)를 통해 환경시

험(저온/충격/진동)과 NATO 400hr에 따른 내구도 시험결과 수입품 대비 95 % 이상의 성능을 만족하며 개발품의 안전성과 신뢰성을 입증하였다.

6) 최종적으로 개발품이 장착된 상위조립체를 체계차량에 부착하여 K56탄약운반차 양산시 적용하는 체계규격서(KDS 2350-4007)의 성능시험을 실시하여 직선구간 최대 속도, 종경사 60%, 횡경사 30%에서의 기동성능 등을 만족하여 체계운용 적합성의 요구조건에 충족하였다.

본 연구를 통해 실린더 블록 등 3종의 국산화 개발을 성공적으로 수행 완료함으로써 향후 창정비 및 엔진 제작생산 시 안정적인 자재수급과 원활한 군수지원이 가능할 것으로 판단되며, 해당 부품개발 시 축적된 제조공정, 개발 프로세스 및 시험평가 기술은 유사 부품의 국산화 및 시험평가 시 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

[1] D. H. Ko, T. S. Moon, Y. K. Kim, "A research on development of applique armor kit for design of manufacturing technology based on the reverse engineering", *Journal of Korea Society for Quality Management*, Vol.49, No.3, pp.233-243, sep. 2021. DOI: https://doi.org/10.7469/JKSQM.2021.49.3.233

[2] D. H. Ko, T. S. Moon, H. W. Kim, "A research on test method design and evaluation of valves used for the localization developmnet in self-propelled artillery", *Journal of Korea Society for Quality Management*, Vol.03, No.2, pp.15-23, Dec. 2021.

[3] MIL-STD-810E, "Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests," Department of USA, 2000.

[4] I. L. YI, A Technical Report on the Localization of Core Parts of Engine System in K56, Technical Report, DTaQ, Korea.

[5] H. W. Kwon, "Microstructure defects of cast irons and thieir causes", *Research in Korea Foundry Society*, Vol.022, No.4, pp.200-215, August. 2002.

고 동 현(Dong-Hyeon Ko) [정회원]

- 2018년 8월 : 부산대학교 항공우주공학과 (학사)
- 2019년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

〈관심분야〉
품질경영, 기계공학, 항공우주공학

문 태 상(Tae-Sang Moon) [정회원]

- 1995년 2월 : 영남대학교 기계공학과 (학사)
- 2012년 2월 : 부산대학교 산업공학과 (석사)
- 1995년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 책임연구원

〈관심분야〉
품질경영, 부품국산화, 신뢰성공학