

군용차량 클러치 내구수명 향상에 대한 연구

신철호^{1*}, 강태우², 김성곤¹, 김선진¹

¹국방기술품질원 기동화력5팀, ²국방기술품질원 기동화력기술팀

Design Technique for Durability Improvement of Military Vehicle Clutch System

Cheol-Ho Shin^{1*}, Tae-Woo Kang², Sung-Gon Kim¹, Seon-Jin Kim¹

¹Land System 5th team, Defense agency of Technology and Quality(DTaQ)

²Land System Engineering team, Defense agency of Technology and Quality(DTaQ)

요약 국군이 운용중인 대부분의 군 전용차량은 개발이 완료된지 15년이 넘었으며, 개발 당시의 기술력과 정비성을 고려하여 수동변속기를 채택하고 있다. 수동변속기는 엔진과 변속기 사이에 동력을 조절/차단하는 클러치를 포함한다. 본 연구의 대상이 되는 2.5톤 군용차량은 수동변속기와 클러치 시스템을 적용하고, 클러치 커버와 릴리스 베어링 간극을 수동으로 조절해야 했다. 이러한 특성으로 인하여 클러치 디스크 조기마모, 클러치 커버 파손 등의 품질문제가 발생하였다. 본 연구는 발생한 품질문제를 해결하기 위하여, 클러치 커버와 릴리스 베어링의 간극을 자동으로 설정하도록 하고 클러치 디스크 자체의 성능도 향상시키는 과정을 거쳤다. 개선된 시스템을 평가하기 위해서, 단시간에 기어변속을 하는 가속내구시험을 수행하였으며 추가적으로 군인이 직접 운전을 하여 차량에 적용하였을 때 이상이 없음을 증명하였다. 본 연구활동을 통해, 클러치 간극을 조정할 필요가 없도록 하여 차량 정비 인력의 정비시간을 단축하였다. 또한, 클러치 간극을 조정해 주지 못함으로써 발생하는 품질문제를 해소하여, 근본적인 개선책을 제시하였다고 볼 수 있다.

Abstract Military Vehicles of the Korean army had been developed before 2004 and used manual transmissions. Manual transmissions contain a clutch system regulating the force from engine to transmission. In this study, a 2.5-ton military vehicle's clutch system was investigated. The existing clutch system had the characteristics that need to adjust the clearance between the clutch cover and release bearing. Improper clearance led to early wear of the clutch disk and failure of the clutch cover. To solve these problems, an improved clutch system was suggested and tested. The improved clutch system contains auto adjustment of the clearance and an enhanced clutch disk. To verify the improved clutch systems, 2 stage tests were conducted: an accelerated life test of the clutch system, and a driving test by trainee of driving more than 3,000km. As a result, the problems caused by the improper clearance adjustment were solved and this design was verified.

Keywords : Military Vehicle, Clutch System, Clutch Clearance, Clutch Disk, Gear Shift Test

1. 서론

국군이 운용중인 군용 차량의 대부분은 수동변속기(manual transmission)를 채택하고 있다. 수동변속기

는 엔진 RPM과 차량의 속도를 운전자가 판단하여 수동으로 기어를 조작해주는 변속기이다. 수동변속기의 변속 시에는 엔진과 변속기의 회전속도차이가 발생하게 되는 데 이를 감쇄시켜주고, 동력을 차단(제어)하기 위하여

*Corresponding Author : Cheol-Ho Shin(DTaQ)

email: ch_shin@dtaq.re.kr

Received August 16, 2019

Accepted October 4, 2019

Revised September 11, 2019

Published October 31, 2019

Fig. 1과 같이 엔진과 변속기 사이에 클러치 장치를 장착한다. 클러치 장치는 차량을 시동걸고, 변속하고, 정지(동력을 차단)할 때 필수적으로 사용해야 하는 장치로써, 수동변속기 차량의 운전자라면 차량의 운행시에 끊임없이 작동시켜야 하는 장치이다[1]. 클러치 장치의 작동순서는 Fig. 2와 같고, 시스템 구성은 Fig. 1, 3-4와 같다.

Fig. 2 표시한 것과 같이, 운전자가 클러치 페달(clutch pedal)을 밟으면 클러치 마스터실린더에서 유압을 생성하여 클러치 부스터(booster)로 보낸다. 클러치 부스터는 전달된 유압을 고압 공기를 제어하는데 사용하여, 전달력을 배가시킨다. 이를 통해 푸시로드를 작동시키게 되고, 릴리스 포크가 움직여 클러치가 최종적으로 작동하게 된다. 클러치가 작동된다는 것은 클러치 커버와 클러치 디스크가 분리되어서, 엔진에서 생성된 동력이 변속기로 전달되지 않는 상태를 말한다.

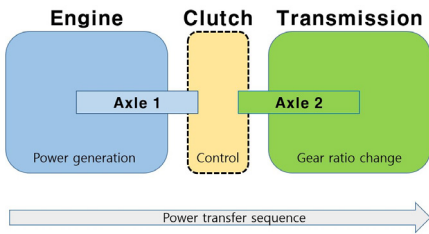


Fig. 1. An array of engine, clutch, and transmission

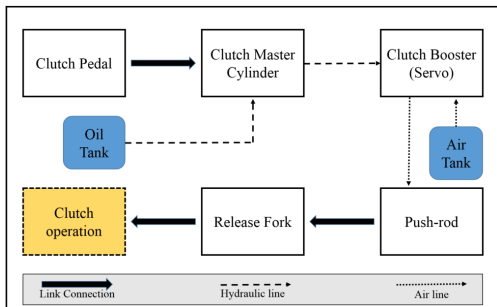


Fig. 2. Clutch system operation diagram

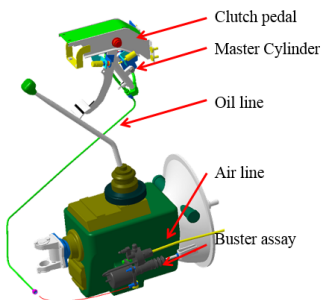


Fig. 3. Diagram of clutch system

플라이휠, 클러치 디스크, 클러치 커버의 배열은 Fig. 4와 같다. 플라이휠은 엔진에 고정되어 있으며, 클러치 커버는 플라이 휠에 고정되어 있다. 이 두 부품사이에서 클러치 디스크가 위치하게 된다. 클러치 디스크는 중앙의 스플라인이 가공되어 있으며, 이 스플라인 가공부에 변속기 입력축이 삽입되게 된다. 클러치 커버가 클러치 디스크를 압축하면 플라이휠, 클러치 커버, 클러치 디스크의 속도가 같아지고, 이때 엔진의 동력이 변속기로 전달된다. 반대로, 클러치 커버가 클러치 디스크와 분리되면 클러치 디스크로 외력이 전달되지 않기 때문에 엔진과 변속기의 동력을 차단할 수 있다. 클러치 커버는 엔진이 작동하는 동안에는 항상 회전을 하게 되고, 릴리스 포크는 클러치 커버를 밀어주도록 직선운동을 하도록 설계되었다. 두 부품의 속도차이를 상쇄시켜 주기 위하여 부품 중간에 릴리스 베어링이 들어간다. 릴리스 베어링은 클러치 커버의 회전력을 릴리스 포크로 전달하지 않고, 오로지 릴리스 포크의 압축력만을 클러치 커버로 전달하는 역할을 한다.

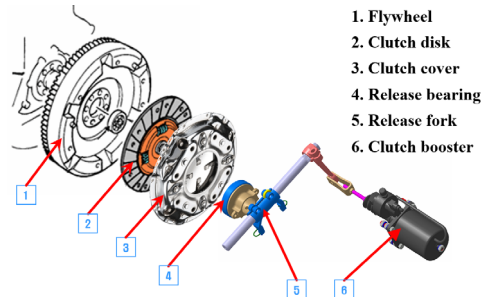


Fig. 4. Clutch system array

본 연구에 사용된 차량은 클러치 커버와 릴리스 베어링의 간극을 조정해줘야 하는 비접촉식 타입의 클러치 시스템이다. 클러치 커버와 릴리스 베어링 간극을 수동으로 2.0 mm으로 조정해 줘야 한다. 클러치 디스크가 마모되거나, 조정이 미흡하여 릴리스 베어링과 클러치 커버 간의 간극이 좁아지거나 항상 접촉하게 되면 클러치 디스크의 미끄러짐 현상이 발생할 수 있다. 이로 인하여 클러치 디스크 조기마모 또는 과열로 인한 화재 발생가능성이 있다[2]. 또한, 클러치 디스크는 마찰재로 이루어진 부분과 철타로 만들어진 스플라인 기계가공 부분을 결합기 위하여 리벳을 사용한다. 클러치 페달을 급격하게 떼는 등 클러치 디스크에 충격적이 가해지면 리벳이 탈거되는 현상이 발생하기도 한다.

본 연구에 사용된 차량인 균용 2.5톤 트럭류(K511A1

계열차량, 이하 군용 2.5톤 차량) 1072대중 22대(2.1%)에서 클러치 디스크 조기마모, 릴리스 베어링 파손, 디스크 파손 등의 품질문제가 발생함을 확인할 수 있었다.

Table 1. Comparison of Clutch system and disk

Item	Existing model	Improved model	Improvement Point
Clutch System	Clearance adjustment needed	Clearance adjustment not needed	Remove problem caused by unsuitable clearance
Clutch disk	Relatively low lifetime	Relatively long lifetime	Reduce maintenance cost

본 연구는 클러치 장치를 사용하는데 있어서 발생할 수 있는 클러치 유격조정 미흡문제를 해결하기 위하여 자동으로 유격을 조정할 수 있는 상시접촉식 클러치를 구현하여 정비시간과 품질문제를 줄이고, 클러치 디스크 자체 제품개선을 통해 디스크 자체의 내구성 개선에 대하여 다루었다. 기존 클러치 시스템, 디스크와 개선된 제품을 비교한 결과는 Table 1과 같다. 개선을 통하여 부적합한 간극조정으로 인한 문제를 해결하고, 정비비용을 감소시키는 것을 제시하였다. 이를 검증하기 위하여, 2단계의 검증시험을 수행하였으며 이에 대한 상세 내용과 결과를 제시하였다.

2. 본론

2.1 릴리스 베어링 간극 설정

앞의 서론에서 설명하였듯이, 연구 대상인 군용 2.5톤 차량은 릴리스 베어링과 릴리스 레버(클러치 커버)의 간극을 2.0 mm로 설정하도록 하였다. 클러치 디스크 마모에 따라 릴리스 레버는 릴리스 베어링 방향으로 최대 10 mm이동하게 된다. 최초 간극이 2.0 mm이므로, 클러치 디스크 마모에 따라 최소 5번의 간극 조정 작업이 동반되어야 한다. 산술적으로 클러치 디스크의 20%마모가 있다면 한 번의 간극 조정이 필요한 셈이다. 간극조정을 하지 않은 경우, 클러치 디스크 조기마모, 파손, 릴리스 베어링 파손 현상이 발생할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 클러치 커버와 릴리스 베어링의 간극을 조정하지 않아도 되는 '상시 접촉식' 클러치 장치 적용을 연구하였다. 상시 접촉식 클러치는 클러치 커버와 릴리스 베어링이 접촉하는 힘을 수 kg 수준으로 설정하고, 클러치 커버(릴리스 레버)가 릴리스 베어

링 방향으로 이동하면 릴리스 베어링도 동일한 방향으로 연동하여 이동하는 방식이다.

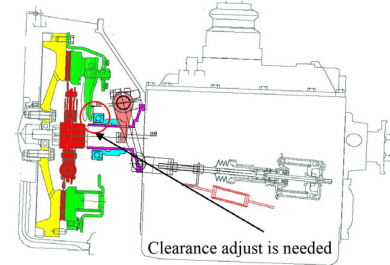


Fig. 5. Existing clutch system(Pull type)

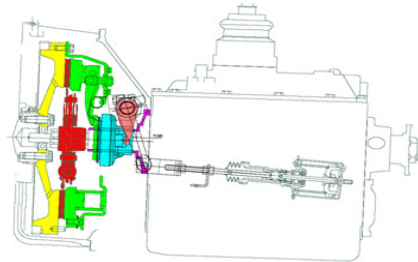


Fig. 6. improved clutch system(Push type)



Fig. 7. Improved clutch cover including center ring

Fig. 5와 같이 기존에 사용하던 타입은 릴리스 베어링과 클러치 커버간의 간극이 존재하며, 푸쉬로드의 위치를 복원하기 위하여 푸쉬로드의 복원방향으로 스프링이 연결되어 당긴다. 이러한 방식의 클러치 부스터를 풀(Pull) 방식이라한다. Fig. 6과 같이 상시 접촉식에 사용하는 클러치 부스터는 푸쉬로드의 복원력을 릴리스 레버의 복원

력을 이용하며, 클러치 부스터 내부의 푸시로드를 밀어주어 릴리스 베어링과 릴리스 레버를 접촉하도록 만들어 준다. 이러한 방식을 푸시(Push) 방식이라고 한다. 클러치 부스터 내부에 있는 스프링은 푸시로드에 약 3 kgf의 힘을 가하도록 설계하였으며, 릴리스 레버가 최대 변위일 때 릴리스 포크로부터 받는 힘이 약 1,200 kgf인 점을 감안하면 3 kgf는 무시할 수 있는 수준이다. 즉, 클러치 부스터 내부의 스프링이 푸시로드에 가하는 3 kgf의 힘은 릴리스 레버를 움직이지 못하고 단순히 릴리스 레버와 릴리스 베어링이 접촉하도록 하는 역할만을 한다고 할 수 있다.

클러치 부스터 변경을 통하여 릴리스 베어링과 릴리스 레버가 직접적으로 접촉하는 경우, 릴리스 레버와 릴리스 베어링 간의 접촉 면적이 크지 않아 릴리스 베어링 접촉부에 응력이 집중될 수 있다. 이를 해결하기 위하여, Fig. 7과 같이 클러치 커버 중심에 환(Ring)형의 베어링 플레이트를 장착하였다. 이는 릴리스 베어링과 베어링 플레이트가 대면적에서 접촉함으로써 마찰면의 응력이 집중되는 현상을 해소하기 위함이다.

2.2 클러치 디스크 재질변경

클러치 디스크는 엔진과 변속기 간의 동력을 끊는 과정에서 두 부품의 속도차이를 상쇄시켜주는 부품으로써, 엔진시동 이후에는 지속적으로 마찰력을 받는 부품이다. 따라서, 클러치 디스크는 소모성 부품으로 취급하여 기준치 이상 마모되면 교체를 하도록 하고 있다. 클러치 디스크를 교체하기 위해서는 엔진과 변속기 연결을 분리하여 클러치 커버를 분해한 뒤에 클러치 디스크를 교체할 수 있기에 2명이 작업하여도 3시간 이상 소요되는 작업이다. 클러치 디스크 교환을 최소화하기 위해서는 내구성이 개선된 클러치 디스크 적용이 필요하였다. S. Sfarni에 따르면 클러치 디스크 마모를 줄이는 것이 클러치 마찰재(Facing)와 쿠션디스크(Cushion Disc) 간의 매립현상(Embedding phenomenon) 현상을 줄여주어 보다 안정된 클러치 디스크 작동을 한다고 제시하였다[3]. 이에 따라, 클러치 디스크 재질 개선을 실시하였다. 클러치 디스크 재질 변경 전/후의 재질 비교는 Table 2와 같다.

변경 전/후 재질을 비교해보면 비중은 낮아지고(동일 부피 중량감소), 굽힘강도가 31.8 % 높아지고, 마찰계수가 3.2 % 높아지고, 마모량이 12.3% 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 모든 항목에서 성능이 향상되었음을 확인할 수 있다. 특히, 재질이 동일한 시험조건(KS R 4022

: 1991)에서 마모량이 12.3 % 감소되는 것이 확인되었으며, 이는 차량에 적용하여 실제로 감소되는지를 검증하였다.

Table 2. Clutch disk facing materials

test item	Existing disk	Improved product
Specific gravity	1.78	1.69 (5.1%↓)
Hardness (HRs)	81.56	107.5 (31.8%↑)
Flexural rigidity (N/mm)	115.6	132.7 (14.8%↑)
Friction coefficient	100℃	0.41
	150℃	0.42
	200℃	0.45
	250℃	0.46
	300℃	0.48
	Average	0.44
Wear rate (㎢/Nm)	100℃	0.13
	150℃	0.15
	200℃	0.16
	250℃	0.17
	300℃	0.20
	Average	0.16

2.3 차량 장착 검증실험

상시 접촉식 클러치 장치를 적용하기 위하여 차량의 영향을 미치는 부분이 있는지, 성능이 향상되었는지를 확인하기 위하여 Fig. 8의 순서대로 시험을 수행하였다. 1 단계는 가속내구시험(지속적 변속)을 통한 클러치 작동 이상여부 및 클러치 디스크 마모량을 확인하였으며, 2 단계는 실제 차량을 운행하는 00부대에서 개선된 차량을 운행하게 한 뒤에 차량의 이상여부 및 클러치 디스크 마모량을 확인하였다.

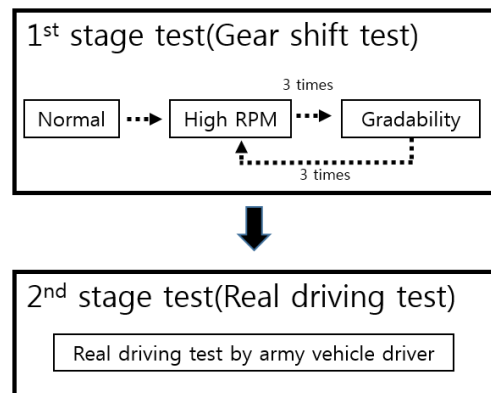


Fig. 8. Diagram of test stages

2.3.1 가속내구시험

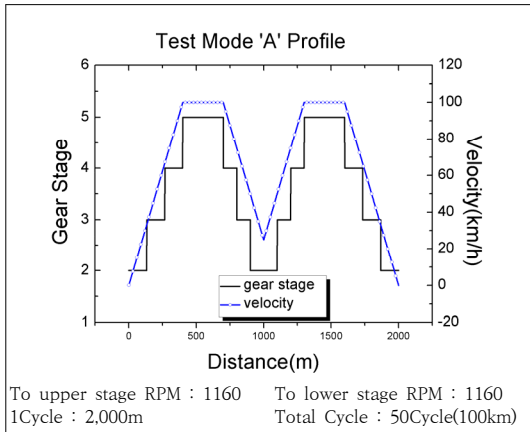


Fig. 9. Test Mode A(Normal Shift gears)

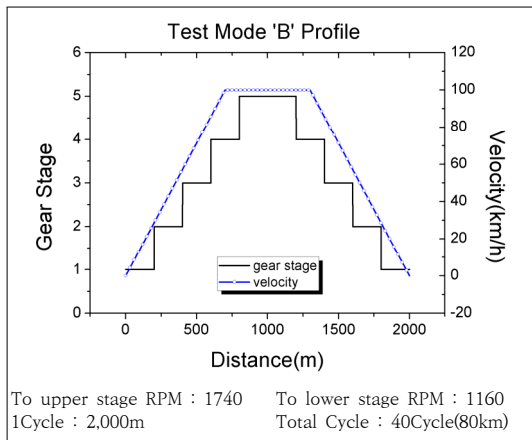


Fig. 10. Test Mode B(High RPM shift gears)

Table 3. Test Mode C

Test Mode C(Gradability)	
Start RPM : 1740	Gear shift : 1st
Gradient : 20%	Total Cycle : 20Cycle

Table 4. Clutch disk wear thickness

	face	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	Average
Existing product	inner	0.09	0.13	0.10	0.19	0.13	0.19	0.16	0.18	0.15
	outter	0.21	0.12	0.23	0.25	0.16	0.12	0.21	0.18	0.19
Improved product	inner	0.13	0.10	0.14	0.10	0.06	0.15	0.08	0.10	0.11(26.5% ↓)
	outter	0.17	0.13	0.23	0.14	0.08	0.10	0.09	0.16	0.14(25.7% ↓)

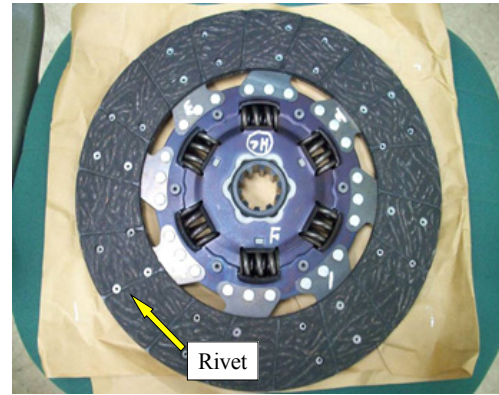


Fig. 11. Figure of Clutch dist and rivets

클러치 시스템의 개선정도를 확인하기 위하여 가속내구시험을 실시하였다. 시험은 총 3개의 모드를 설정하였으며, Fig. 9-10, Table 3에 명시한 내용과 같다.

Test mode A는 일반적인 가속조건을 모사하였으며, 1160 RPM(최고 출력 RPM의 40%)에서 기어단수를 올리는 상황과 낮추는 상황을 재현한 시험이다. 1회의 시험이 약 2 km를 주행하며, 50번의 반복을 실시하는 것이 한 세트이다.

Test mode B는 고회전 발진변속조건을 모사하였으며, 1740 RPM(최고 출력 RPM의 60%)에서 기어단수를 올리는 상황과 1160 RPM에서 기어단수를 낮추는 상황을 재현한 시험이다[4-7]. 1회의 시험이 약 2 km를 주행하며, 40번의 반복을 실시하는 것이 한 세트이다.

Test mode C는 경사로 등판을 모사하였으며, 기어를 1단으로 고정된 체로 20%의 경사로를 5 m 이상 주행하는 상황을 재현한 시험이다[8,9]. 해당 시험을 총 20회 반복하는 것이 한 세트이다.

Test mode A, B, C 를 A→B→C→B→C→B→C 순으로 실시하여, 총 Test mode A는 50회(1세트), B는 120회(3세트), C는 60회(3세트)를 하여 340 km의 주행을 하였다.

개선 전/후 제품의 시험을 실시한 결과 두 제품 모두

파손, 발열, 차량출력 저하 등 특이사항이 없는 것으로 확인되었다. 또한, 클러치 디스크의 개선 정도를 확인하기 위하여 클러치 디스크 마모량을 비교하였다. 클러치 디스크 양면의 각 각 마모량을 알아내기 위하여, Fig. 11에 표시한 클러치 디스크와 고정용 리벳 사이의 높이를 측정하였다. 클러치 디스크를 차량에 장착하기 전에 클러치 디스크 높이를 측정하여, 시험 전/후 두께를 비교할 수 있었다.

시험결과 Table 4와 같이 기존 클러치 디스크의 안쪽면은 0.15 mm, 바깥쪽은 0.19 mm 마모가 되었으며, 개선된 클러치 디스크의 안쪽면은 0.11 mm, 바깥쪽은 0.16 mm가 마모되었다. 이는 개선품이 안쪽의 경우에는 26.5 %, 바깥쪽은 25.7 % 만큼 적게 마모됨을 확인할 수 있었다. 주변 부품의 영향성을 확인하기 위하여 클라이휠과 클러치 커버의 마찰면을 육안으로 확인한 결과 마찰면에서 별다른 특이점이 발견되지 않았다.

상시접촉식 클러치로 구조변경을 하고, 클러치디스크의 재질변경을 하여 시험을 한 결과 차량 전체에 미치는 영향은 나타나지 않았으며, 오히려 클러치 디스크의 마모량이 감소하여 성능이 개선됨을 확인할 수 있었다. 또한, R. Purohit에 따르면 클러치 디스크의 변경이 내측(Inner)보다는 외측(Outer)이 크다는 것을 증명하였고, 본 시험의 결과도 외측의 마모량이 큰 것으로 보아 시험결과의 신뢰성이 있음을 확인할 수 있었다[10].

2.3.2 차량운행시험

차량 운행시험은 실제 차량을 운행하는 00부대에서 실시하였다. 샘플링 차량을 1대 선정하여 약 3개월간의 운행을 하였으며, 주행거리는 3,179 km를 기록하였다. 차량을 운행한 도로는 포장로(Paved road)가 약 90%를 차지하였으며, 비포장로(Unpaved road)는 약 10%를 차지하였다.

시험 전 후 클러치 디스크 마모량을 확인한 결과 플라이휠 측은 0.23 mm, 클러치 커버 측은 0.29 mm가 마모되어 총 0.52 mm가 마모됨을 확인할 수 있었다. 차량에 적용한 마모 페이싱의 두께는 9.5 mm이고(공차 ± 0.3 mm), 페이싱 사용한계치는 5.9 mm으로 약 3.6 mm의 마모량을 사용할 수 있다. 3,179 km를 주행하는 동안 0.52 mm가 마모됨을 감안하면, 페이싱의 내구주행거리는 약 36,000 km으로 추정할 수 있다. 일반적인 차량의 클러치는 약 100,000 km까지 이용할 수 있는 것과 비교하여 짧은 수명을 가진다고 볼 수 있다. 그러나, 해당 차량은 00부대의 운전병을 교습하는 차량에 사용되

었으며, 클러치 장치에 익숙하지 않은 운전자가 사용하며, 비교적 저속으로 운행가 때문에 가혹한 클러치 운행 조건이라고 가정할 수 있다.

본 시험은 가혹한 클러치 사용에도 차량상태에 무리가 없는지 확인하는 것이 목적이며, 시험결과 차량에 장착하여도 이상이 없음을 확인하였다.

3. 결론

본 연구는 군용차량의 클러치 시스템에 발생하는 품질 문제를 해결하고자 수행하였다. 유격을 수동으로 관리해 줘야 하는 구조적인 문제 때문에, 클러치 디스크가 조기 마모되고, 클러치 커버가 파손되는 사례가 발생하기도 하였다.

클러치 시스템의 품질문제를 해결하고자, 유격을 수동으로 조절해 주는 시스템에서 유격을 자동으로 조절해 주는 시스템으로 구조를 변경하였으며, 클러치 디스크의 수명을 늘리기 위하여 클러치 디스크의 마모특성이 더 좋은 재질로 변경하였다.

Table 5. Clutch disk wear thickness

Item	Improvement detail	Improvement effect
Clutch System	Automatically adjust Clearance	Doesn't Occur problem caused by unsuitable clearance for 5 years
Clutch disk	material change for long life time	Reduce maintenance cost (26.5%) ※Calcalte cost from 1st stage test data

변경된 시스템의 성능을 검증하기 위하여 1차, 2차로 시험을 나눠서 수행하였으며, 1차 시험은 A, B, C 3개의 모드를 이용한 변속, 등판주행 시험을 수행하였다. 1차 시험에서는 기존 제품과 개선 제품을 비교하는 비교시험을 수행하였으며, 개선된 제품의 운행에 이상이 없고, 클러치 디스크의 마모정도가 적음을 알 수 있다. 즉, 제품의 사용성에 문제가 없고, 제품의 내구수명이 증가함을 확인하였다.

2차 시험은 군용차량을 직접 운행하는 군인이 직접 운전하였으며, 특히, 운전의 숙련도가 낮은 운전교습을 받는 군인이 운전하였다. 여러 군인이 약 3개월간의 운행으로, 약 3,179km를 주행하였으며 특이점이 발견되지 않았다.

두 번의 시험을 통하여 개선된 클러치 시스템의 이상 유무와 개선점을 입증하였다. 이에 대한 결과를 요약하면 Table 5와 같으며, 실제 차량에 개선된 사양을 적용한지 5년이 초과한 시점에서 클러치 간극과 관련된 품질이슈가 발생하지 않았으며, 클러치 디스크 개선을 통해 내구 수명이 약 26.5% 증가되었음을 증명하였다.

References

- [1] W. H. Crouse, D. L. Anglin, "Automovite Mechanics", 10th, McGraw-Hill Korea, 2001, 332-342
- [2] I. K. Lee, H. H. Moon, J. J. Kim, "Study for Examples of Fire Including Friction with Automotive Clutch, Manual Transmission and Tire System", *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol.19, No.3, pp. 49-53, Jun. 2015.
- [3] S. Sfarni, E. Bellenger, J. Fortin, M. Malley, "Numerical and experimental study of automotive riveted clutch discs with contact pressure analysis for the prediction of facing wear", *Finite Elements in Analysis and Design* Vol.47, pp. 129-141, Feb. 2011.
DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.finel.2010.08.007>
- [4] S. K. Lim, M. S. Ko, "A Study on Impact Force of Driveline and MT'G in Manual Transmission Vehicle quick start", *autumn Conference, The Korean Society Of Automotive Engineers*, pp. 962-968, Nov. 2011.
- [5] C. J. Kim, H. J. Jang, "Clutch control effect on manual transmission durability", *Spring Conference, The Korean Society Of Automotive Engineers*, pp. 886-889, May. 2010.
- [6] G. P. Fernandes, P.S. Zanotto, A. Sinatora, "Contribution on understanding the friction film development in the performance of a dry automotive clutch system", *Wear*, Vol.342-343, pp. 364-376, Nov, 2015
DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2015.09.007>
- [7] A. D. Gatta, L. I. Iannelli, M. Pisaturo, A. Senatore, F. Vasca, "A survey on modeling and engagement control for automotive dry clutch", *Mechatronics*, Vol.55, pp. 63-75, Nov, 2018
DOI <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.08.002>
- [8] J. W. Lee, H. J. Jang, M. K. Jung, "Study on launch performance of vehicle according to specification of clutch system of manual transmission", *autumn Conference, The Korean Society Of Automotive Engineers*, pp. 1403-1406, Nov. 2010.
- [9] Y. J. Jung, Y. W. Yoo, S. S. Jang, Y. S. Kim, "Abuse Load Simulation of Manual Transmission in case of Clutch Misusing", *Mechatronics, autumn Conference, The Korean Society Of Automotive Engineers*, pp. 893-898, Nov. 2011.
- [10] R. Purohit, P. Khitoliya, D. K. Koli, "Design and Finite

Element Analysis of an Automotive Clutch Assembly", *Procedia Materials Science* Vol.6, pp. 490-502, Jul. 2014.
DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.063>

신 철 호(Cheol-Ho Shin)

[정회원]



- 2012년 2월 : 고려대학교 기계공학과 졸업
- 2014년 8월 : KAIST 기계공학과 (공학석사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

군용차량 및 전차 궤도류 설계 및 품질관리

강 태 우(Tae-Woo Kang)

[정회원]



- 2011년 2월 : 중앙대학교 기계공학과 졸업
- 2012년 12월 : LS산전 설계팀
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

군용차량 및 전차 변속기 설계 및 품질관리

김 성 곤(Sung-Gon Kim)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한양대학교 기계공학과(공학석사)
- 2013년 1월 ~ 2012년 7월 : 삼성 전자 컴퓨터시스템사업부 책임연구원
- 2012년 7월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

군용차량 및 특장차량 설계 및 품질관리

김 선 진(Seon-Jin Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 한국항공대학교 기계공학과 졸업
- 2019년 2월 : 전남대학교 대학원 기계공학과 졸업(공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

〈관심분야〉

군용차량 설계 및 품질관리