

전투차량 냉각수 호스 분리현상 개선에 관한 연구

강태우*, 신헌용*, 류정민*, 박경철*, 김재규**, 이헌기***,#

*국방기술품질원, **주식회사 한화디펜스, ***경운대학교

A Study on the Improvement of the Separation Phenomenon of Coolant Hose in the Tracked Combat Vehicle

Tae-Woo Kang*, Hun-Yong Shin*, Jeong-Min Ryu*, Kyung-Chul Park*,
Jae-Kyu Kim** and Hun-kee Lee***,#

*Defense Agency for Technology and Quality, Republic of Korea, **Hanwha Defense Systems,
Republic of Korea, ***Kyungwoon University, Republic of Korea

(Received 7 March 2018; received in revised form 17 March 2018; accepted 24 April 2018)

ABSTRACT

In general, tracked combat vehicles require excellent output performance of a power unit system to drive on special terrains and in extreme environmental conditions. However, high temperature and pressure are readily applied to the coolant hose in the power unit of the vehicles during high-speed driving under extreme road and weather conditions. These driving conditions can cause the separation phenomenon of the coolant hose in the power unit and consequentially engine overheating during driving. Therefore, a newly designed decompression device for the coolant hose has been proposed and manufactured to solve these problems in the present study. To validate of the newly proposed decompression device, the input and output pressures were measured under the before- and after-improvement conditions using experimental methods for different engine RPMs. In addition, the pre-heater temperature was measured under both conditions. From the experimental results, we expect that the current investigation can help to improve the driving performance of tracked combat vehicles.

Key Words : Coolant Hose(냉각수 호스), Separation(분리), Decompression(감압), Combat Vehicle(전투차량)

1. 서 론

전투 차량은 방호를 위한 장갑과 공격을 위한 무장이 장착된 차량으로, 주로 전투와 관련된 임무수행을 목적으로 하는 차량을 말한다. 전투 차량의 용도에 따라 화력, 방호력, 기동성 등의 전투능력이 결정되며, 전투 차량의 운용범위에 따라 산악전투,

시가지전투, 도하작전 등 다양한 전투 및 작전에 투입된다^[1].

일반적으로 전투 차량은 포장도로가 존재하지 않는 특수지형을 주행할 수 있도록 높은 기동 성능을 보유하고 있으나 이러한 특수지형에는 차량의 고장, 전복, 침수 등의 사고를 유발할 수 있는 위험 요소가 무수히 존재한다. 따라서 원활한 작전 수행 및 임무 완수를 위해서는 차량 및 탑승자의 안전 확보가 필수적이며, 이를 위해 차량이 직면할 수 있는 위험 요소를 회피하거나 극복할 수 있도록 동

Corresponding Author : Leehunkee@ikw.ac.kr

Tel: +82-54-479-4912, Fax: +82-54-479-1119

력 장치계의 우수한 출력 성능이 요구되고 있다^[2].

차량의 동력 장치는 크게 엔진, 변속기, 종감속기로 구성되며, 이러한 주요 구성품의 성능 발휘를 위해서는 연료장치, 유압장치, 냉각수 순환 등이 유기적으로 동작하여야 한다. 특히 냉각수 순환은 전투차량 내 동력장치, 예비가열기, 온수히터 등과 연결되어 기동 시 파워팩(엔진 및 변속기 조립체)에서 발생하는 온도를 적절히 조절하여 파워팩이 과열되는 것을 방지하는 장치로, 차량 주행의 안전성과 운용성에 큰 영향을 줄 수 있는 매우 중요한 요소이다^[3].

하지만 일부 전투차량의 하절기 고속 주행 시, 파워팩(엔진 및 변속기 조립체) 냉각수 호스가 분리되어 파워팩에서 발생하는 열을 냉각시키지 못하고 과열됨으로써 전투 차량의 기동이 제한되는 현상이 발생하였다. 전투 차량에 부여된 작전 및 임무 완수를 위해서는 우수한 기동 성능이 필수적 요소이므로, 냉각수 호스 분리현상을 개선함으로써 이러한 문제점을 해결할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 전투차량의 냉각수 호스 분리현상을 개선하고자 전투차량용 냉각수 호스 분리방지용 감압 장치를 설계 및 개발하였고, 입증 시험을 통하여 개발된 호스 분리방지용 감압 장치에 대한 타당성을 검토하였다.

2. 냉각수 순환 시스템 및 냉각수 호스 분리현상에 대한 원인분석

전투차량용 냉각수 순환 시스템 구조 및 냉각수 호스 분리 지점을 Fig. 1에서 나타내고 있고, Fig. 2는 분리된 냉각수 호스를 나타내고 있다. Fig. 2에서 호스는 냉각수 출구의 밸브와 연결되며, 이를 체결하기 위해서 클램프로 조여지게 된다.

고온의 환경 분위기가 지속되는 하절기 고속 주행(엔진 최대 2,300RPM) 시, 전투 차량의 냉각수 순환 시스템에 최대 압력이 형성되며 이때 발생한 압력을 견디지 못해 냉각수 호스가 분리되는 현상이 Fig. 1의 냉각수 출구와 냉각수 입구에서 Fig. 2와 같이 발생하였다.

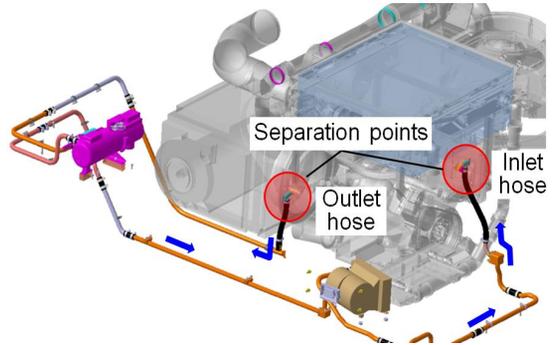


Fig. 1 Coolant circulation system and coolant hose separation points

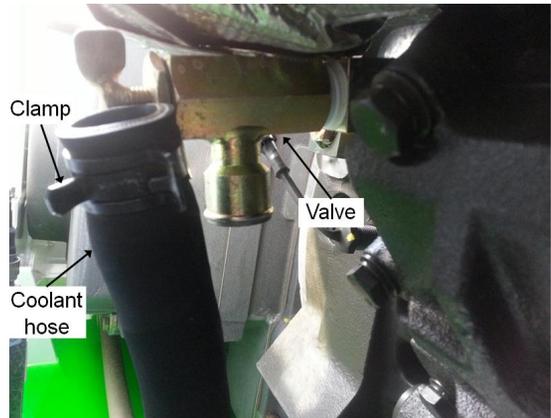


Fig. 2 Separation phenomenon of coolant hose

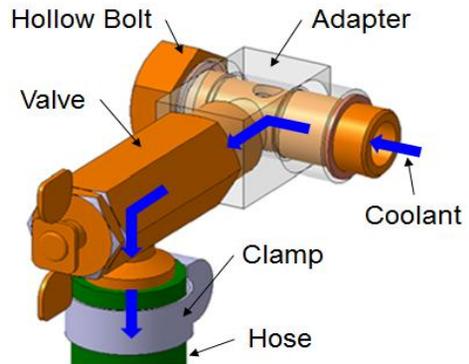


Fig. 3 Schematic diagram of coolant valve assembly

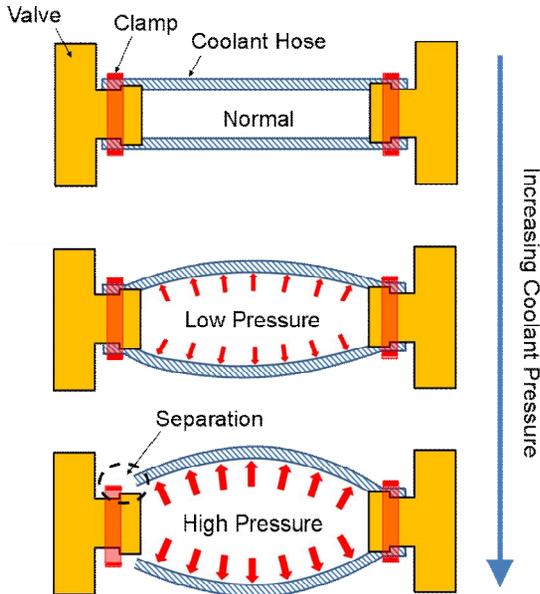


Fig. 4 Coolant hose separation phenomenon by increasing coolant pressure

Fig. 3은 현재 일부 전투 차량에 적용되고 있는 냉각수 밸브 조립체에 대한 형상으로, 냉각수가 할로우 볼트와 밸브를 통과하여 호스로 유입되는데 하절기 전투 차량의 고속 주행 시 엔진 RPM증가에 따른 냉각수 압력이 증가하여 호스가 팽창되며 분리되는 현상이 발생하였다.

이러한 냉각수 분리현상의 원인 분석 결과는 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4의 Normal 상태에서는 호스와 밸브가 클램프에 정상적으로 고정되어 있으나, 엔진 RPM에 증가에 따른 냉각수 압력 증가 시 호스가 팽창하기 시작하고, 하절기 고속 주행 시 냉각수가 High pressure 상태가 되면 냉각수 호스 팽창에 의한 호스 양 끝단 길이가 감소하여 호스의 장력을 클램프가 견디지 못해 냉각수 호스가 분리되는 것으로 분석되었다.

하절기 고속 주행 시 냉각수 호스는 내부의 높은 압력과 동시에 파워팩으로부터 상당한 열 하중을 받고 있기 때문에, 고압의 냉각수 유동 뿐만아니라 냉각수 온도 상승, 그리고 주변 환경 온도 등에 의해 호스와 금속 용구 사이의 체결부위에 응력이 집중 되고, 이로 인해 체결력이 약한 부위에서 냉각수

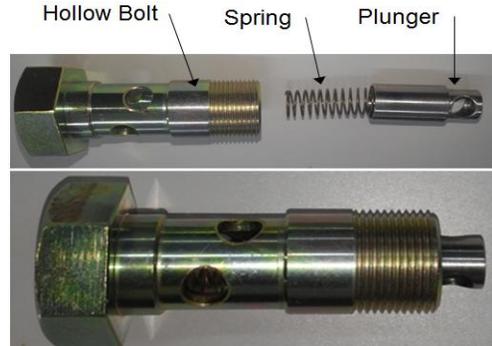


Fig. 5 Decompression device for preventing to coolant hose separation

누수 등이 발생하여 호스의 성능이나 수명에 악영향을 미칠 수 있다^[4-6]. 이러한 문제점의 개선을 위해 냉각수 호스 제작 시 금속용구의 스웨이징 방법에 대한 연구로 개선한 사례도 있다^[7,8]. 하지만 본 연구에서는 냉각수 분리방지용 감압 장치 개발을 통해 전투 차량의 고속 주행 시 발생 가능한 냉각수 호스 분리 현상을 개선하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 냉각수 호스 분리 방지용 감압 장치를 설계 및 개발하였고, 입증 시험을 통해 냉각수 호스 분리 방지용 감압장치 개발의 타당성을 검토하였다.

3. 냉각수 호스 분리 방지용 감압 장치 설계 및 개발

3.1 냉각수 호스 분리 방지용 감압 장치 설계 및 동작 메카니즘

본 연구에서 고안한 냉각수 호스 분리 방지용 감압 장치는 클램프의 체결력을 일정하게 유지한 상태로 냉각수 압력 상승 시 발생하는 호스 분리현상을 방지하기 위해 설계되었고, 호스 밸브에 연결되는 할로우 볼트 내부에 설치된 감압밸브의 개방과 차단에 의해서 내부 감압이 구현된다. Fig. 5은 본 연구에서 고안한 냉각수 호스 분리방지용 감압 장치의 형상이며, 감압 장치는 할로우볼트, 복귀스프링, 플런저로 구성되며, 복귀스프링과 플런저가 할로우 볼트 내부에서 감압밸브 역할을 한다.

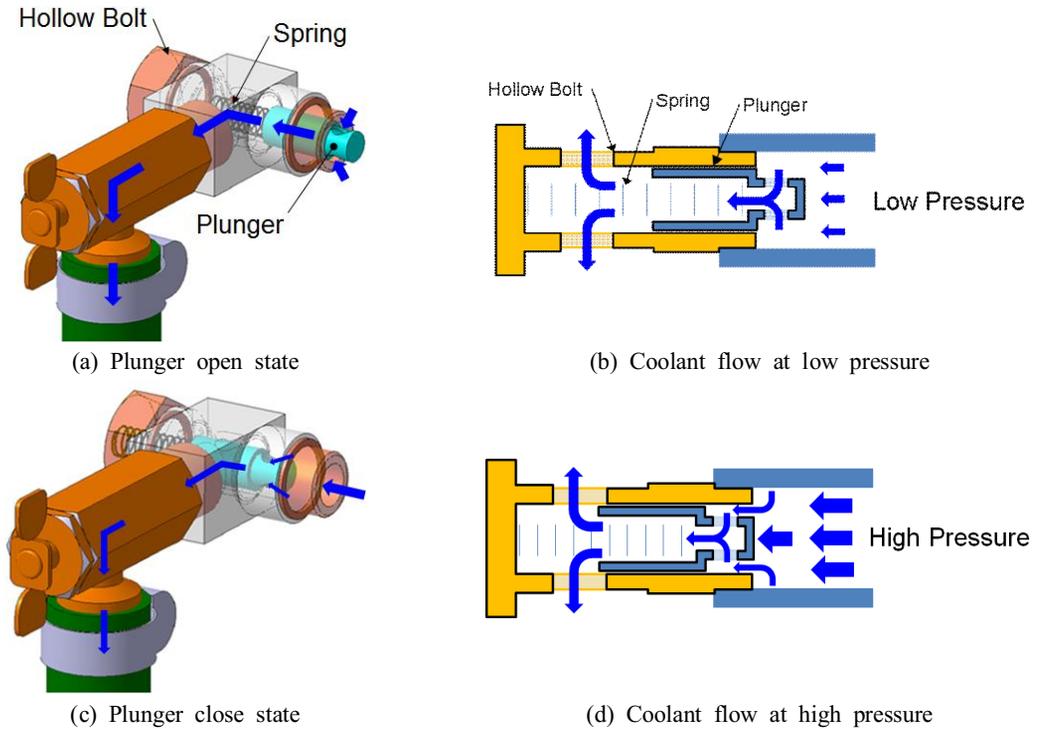


Fig. 6 Schematic diagrams of coolant flows in decompression device

Fig. 6는 냉각수 호스 분리 방지용 감압 장치의 동작 메커니즘을 도식화한 것으로, Fig. 6 (a)와 (b)는 냉각수 압력이 낮을 때의 냉각수 흐름을 나타내었으며, Fig. 6 (c)와 (d)는 냉각수 압력이 높을 때의 냉각수 흐름을 나타내고 있다. 낮은 냉각수 압력(3bar 이하)에서는 플런저에 가해지는 압력이 복귀 스프링의 탄성력보다 작아 Fig. 6 (a)과 (b)과 같이 플런저가 개방된 상태에서 직접적으로 플런저를 통해 냉각수가 이동하게 된다. 하지만, 고속 주행 시 높은 엔진 RPM에 의한 냉각수의 압력이 증가할 경우(3bar 이상), Fig. 6 (c)과 (d)와 같이 플런저에 가해지는 압력이 증가 하게 되고 증가한 압력에 의해 플런저가 복귀스프링을 누르며 할로우 볼트 내부로 들어감으로써 밸브로 유입되는 냉각수를 일부 차단 하게 되고, 호스 내부에 냉각수 압력이 증가하지 않게 된다. 이로 인해 냉각수 호스가 팽창하지 않아 냉각수 호스 분리현상을 방지할 수 있다. 반대로 내부 유입 냉각수의 압력이 복귀스프링의 탄성

력보다 작을 경우 플런저가 다시 밸브 밖으로 이동 하게 되고, 밸브로 냉각수가 유입되어 압력이 일정 하게 유지 된다.

3.2 실험 방법

본 연구에서 설계 및 개발한 냉각수 호스 분리 감압 장치의 유효성 입증 을 위해, 실제 전투 차량의 냉각수 순환 라인에 감압 장치를 설치하여 전투 차량의 주행 중 발생하는 냉각수 출구 압력 및 냉각수 입구 압력을 측정하였고, 냉각수 호스의 분리 여부도 확인하였다.

엔진 RPM은 국방규격에 표기된 일반 고속 주행 속도(엔진 2,000RPM)과 최대 고속 주행 속도(엔진 2,300RPM)의 두 가지 조건에서 실험하였으며, 본 실험을 통해 냉각수 분리 방지용 감압 장치 개발에 대한 타당성 및 유효성을 평가하고자 하였다.

4. 실험결과

엔진 2,000RPM과 2,300RPM에서의 냉각수 출구 및 냉각수 입구 압력을 측정된 결과를 Table 1에 정리하였다. 기존의 냉각수 순환 시스템에서는 냉각수 출구 및 입구에 3.1bar ~ 4.2bar의 압력이 작용하였으나, 냉각수 분리 방지용 감압 장치 적용 후 냉각수 출구 및 입구 압력은 2.2bar ~ 2.9bar로 전체적으로 약 25%이상의 압력 감소효과를 가져왔다.

엔진 2,000RPM에서는 기존 냉각수 순환 시스템의 냉각수 출구 및 입구 압력은 각각 3.4bar, 3.1bar였으나, 냉각수 분리 방지용 감압 장치 적용을 통해 냉각수 출구 및 입구 압력은 각각 2.4bar, 2.2bar로 약 29.4% 및 29.0%의 개선 효과가 있었다. 또한 최대 주행 속도인 엔진 2,300RPM의 경우, 개선 전 냉각수 출구 및 입구 압력은 각각 4.2bar, 3.6bar였으며, 감압 장치를 설치하였을 경우 각각 2.9bar, 2.7bar로 약 30.0% 및 25.0%의 개선효과가 확인되었다.

한편 감압 장치 적용 후 냉각수 호스 분리 현상을 확인한 결과, 냉각수 누수를 포함한 호스 분리는 관찰되지 않아, 본 연구에서 설계 및 개발한 냉각수 호스 분리방지용 감압 장치의 개발 타당성 역시 확인된 것으로 판단된다.

추가적으로 냉각수 분리 방지용 감압 장치 적용에 의해 냉각수 순환 압력이 약 25%이상 감소함에 따라 냉각수 순환 시스템에 미치는 영향성을 확인하기 위해 같은 순환 시스템을 사용하는 예비 가열

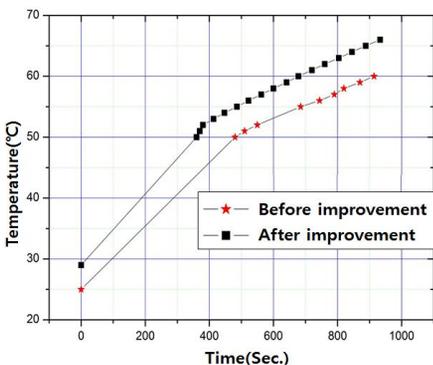


Fig. 7 Change of pre-heater temperature during test

Table 1 Changes of coolant pressure at outlet and inlet during operational test

Experimental condition		Coolant pressure of before improvement (bar)	Coolant pressure of after improvement (bar)	Experiment improvement effect (%)
Engine 2,000 RPM	Outlet	3.4	2.4	29.4
	Inlet	3.1	2.2	29.0
Engine 2,300 RPM	Outlet	4.2	2.9	30.0
	Inlet	3.6	2.7	25.0

기의 온도 변화를 측정하였고, 온도 변화 측정 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 기존 냉각수 순환 시스템과 냉각수 분리 방지용 감압장치를 적용하였을 때의 2가지 조건에 대해 약 15분간 주행하면서 나타나는 예비 가열기 온도 변화를 확인한 결과, 시간 흐름에 따른 온도 상승률은 거의 변화가 없는 것으로 확인되었다. 또한 예비가열기 가온시간을 확인한 결과, 50°C에서 60°C로 10°C 상승을 위해 기존 냉각수 순환 시스템에서는 약 434초가 소요되었으나, 감압 장치를 적용하였을 때는 약 318초가 소요되어, 감압 장치 적용에 따른 예비가열기 온도 상승률은 약 0.008°C/초 증가하였으나 예비 가열기의 성능에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 따라서 종합적으로 판단해 보았을 때, 냉각수 호스 분리방지용 감압 장치 적용에 따라 냉각수 순환 압력이 감소하더라도 냉각수 순환 시스템에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서 고안한 냉각수 분리 방지용 감압 장치 설계 및 개발의 타당성 및 유효성이 확인이 되었고, 이를 통해 일부 차량에서 발생하는 전투차량 냉각수 호스 분리 현상이 개선된 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 전투차량의 하절기 고속 주행 시 발생하는 냉각수 호스 분리현상을 개선하고자, 냉

각수 호스에 작용하는 압력을 감압하는 장치를 새롭게 설계 및 개발하였으며, 입증 실험을 통해 개발에 대한 타당성 및 유효성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존 냉각수 순환 시스템에서는 전투차량의 고속 주행 시, 냉각수 출구 및 입구에 3.1bar ~ 4.2bar의 압력이 작용하여 냉각수 호스 분리 현상이 발생하였다.
2. 냉각수 분리 방지용 감압 장치 적용 후 전투 차량의 고속 주행 시, 2.2bar ~ 2.9bar의 압력이 작용하여, 냉각수 호스 분리 현상이 발생하지 않았다. 이는 냉각수 유입 시 감압 장치가 냉각수 호스 내부에서 발생하는 과도한 압력을 적절하게 감압시킴으로써, 고속 주행을 하더라도 냉각수 호스가 분리 되지 않았던 것으로 판단된다.
3. 감압 장치 적용에 따른 냉각수 순환 압력 저하가 냉각수 순환 시스템에 미치는 성능 영향성 확인 결과, 냉각수 순환 시스템에는 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었고 이로 인해 냉각수 분리 방지용 감압장치 개발의 타당성이 입증된 것으로 판단된다.
4. Nair, S. and Dollar, A., "Stress and Strains in High-Pressure Composite Hoses", Journal of Pressure Vessel Technology, Vol. 119, pp. 351-355, 1997.
5. Goettler, R. A., Leib, R. I. and Lambright, A. J., "Short Fiber Reinforced Hose-A New Concept in Production and Performance", Rubber Chemistry and Technology, Vol. 52, No. 4, pp. 838-863, 1979.
6. Micolis, M. E. and Pett, P. A., "Predicting the Life of Automotive Power Steering Hose Materials" Rubber World, Vol. 211, No. 6, pp. 27-31, 1995.
7. Kim, H. J., Kim, B. T., "Effect of the Jaw Strokes on the Stress Variation of a Hose in the Manufacturing Process" proceedings of the KSMPE conference, pp. 335-339, 2006.
8. Baek, J. K., Kim, B. T., "A Study on the Clamping Force of an Automotive Air-conditioning Hose according to the Friction Coefficient", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 10, No. 3, pp. 39-46, 2011.

REFERENCES

1. Ryu, J. M., Park, K. C., Kang, T. W., "A Study on the Structural Design for Safety Improvement of the Winch Mount of an Armored Recovery Vehicle", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 1, pp. 58~62, 2017.
2. Moon, T. S., Kim, K. R., Lee, Y. K., Kang, T. W., Kim, J. K., Kim, S. I., Park, B. S., "Improvement of Engine Stall by Load Increment on Tracked Armored Vehicles", Journal of the KIMST, Vol. 18, No. 5, pp. 492-497, 2015.
3. Park, K. S., Shin, J. S., Lee, K.W., "A Study on the Optimum of Cooling Water Temperature Control of an Automotive Engine", Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 14, No.2, pp. 34-43, 1992.