

SNCM439재질의 전차용 엔진클러치 암플랜지 개발

김중선*, 권대규**, 안석영***,#

*부산대학교 대학원, **세이테크, ***부산대학교 기계공학부

Development of Engine Clutch Female Flange for Tank Using SNCM439 Material

Joong-Seon Kim*, Dae-Kyu Kwon**, Seok-Young Ahn***,#

*Graduate School, Pusan National Univ.,

SAY TECH, *School of Mechanical Engineering, Pusan National Univ.

(Received 17 August 2021; received in revised form 12 September 2021; accepted 01 October 2021)

ABSTRACT

Tanks are key weapons of ground combat that are equipped with powerful weapons and have strong protective bodies. One tank component, the engine clutch flange, is located in the part of the tank where the engine and transmission are installed, and it is a key part of the power transfer and shutoff. The engine clutch flange transmits high power to secure the mobility of the tank; thus, it must have high strength and hardness. In addition, high durability and safety must be ensured because tank operations must exclude concerns about damage. In this study, an engine clutch female flange for tanks made of SNCM439 was developed. The 2D design used AutoCAD programs, and the 3D shape design used CATIA programs. The structural analysis was conducted using ANSYS. The mesh grid has a tetrahedron shape and is created by adding a mid-side node. After the mechanical properties and constraints of SNCM439 were entered, the changes in the safety factor, total deformation, and Von-Mises stress were identified according to the increase in torque. Prototype processing was performed to verify the engine clutch female flange for the tank. To determine the productivity of the product, the cutting processing time was measured when processing the prototypes. Based on the results of measuring the cutting processing time, it is concluded that research is needed to improve productivity because MCT slot cutting processing is time consuming.

Keywords : Tank (전차), Engine Clutch Flange (엔진클러치 플랜지), Design (설계), Structural Analysis (구조해석), Development (개발)

1. 서 론

전차란 지상전투의 핵심 무기로 위력이 큰 포나 기관총 등의 무기를 탑재하고, 두꺼운 장갑으로 방호되어 강한 방호력을 겸비한 차체를 가진 차량을 뜻한

다. 또한 야지에서도 기동할 수 있는 강력한 추진기관과 주행장치를 지녀 기동력이 뛰어나다. 국내에서도 K1E1, K1A2, K2전차 등의 전차가 생산되고 있으며 전차 부품들의 국산화 생산을 위한 연구^[1]와 성능향상을 위한 기술개발^[2-7]을 하고 있다.

전차 부품 중 전차용 엔진클러치 플랜지는 전차 내의 엔진과 변속기가 장착되어있는 부분에 있으며 엔진과 변속기에서 중요한 역할을 하고 있다. 전차용

Corresponding Author : sahn@pusan.ac.kr

Tel: +82-51-510-2471

Copyright © The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

엔진클러치의 플랜지는 동력을 전달 및 차단하는 핵심 부품이며, 엔진클러치 플랜지를 사용하지 않고 전차를 정지하기 위해서는 엔진을 멈추어 정지시킬 수밖에 없다. 엔진을 정지시키지 않고 전차를 멈추려면 바퀴와 엔진의 동력전달 축을 분리시켜야 하며, 이 역할을 전차용 엔진클러치 플랜지가 하고 있다.

Fig. 1에 보이듯 전차는 기동력을 확보하기 위해 많은 동력 전달이 필요하기 때문에 강도 및 경도가 높아야 한다. 또한 전차 운행 시 파손의 우려를 배제하여야하기 때문에 높은 내구성과 안전성을 확보해야한다. 전차용 엔진클러치 플랜지는 전달 동력 값이 높아 부품 소재의 강도와 경도가 높기 때문에 설계와 가공을 위해선 이론적 전문지식과 숙련된 가공 노하우가 필요하다. 더불어 전차용 엔진클러치는 전차 제동장치의 국산화 개발을 위한 필수품목이며, 해외 수입에 의존하지 않기 위해서는 국내 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

이러한 문제들을 해결하기 위해 본 연구에서는 SNCM439 재질의 전차용 엔진클러치 암플랜지를 개발하고자 한다.

2. 실험 방법 및 조건

전차용 엔진클러치 암플랜지 개발을 위해 설계를 진행하였다. Fig. 2는 AutoCAD 프로그램을 이용한 2D 도면, Fig. 3은 CATIA 프로그램을 이용한 3D 설계형상 모습을 나타내었다.

전차의 동력전달을 위한 제품의 형상 설계를 진행하였다. 엔진부의 스플라인 축으로부터 동력을 받을 수 있도록 내부에 스플라인 축 연결부를 생성하였다. 전달받은 동력을 전달시키고 엔진클러치 플랜지의 원활한 탈착능력을 위하여 사다리꼴 모양의 슬롯을 4방향에 9개씩 총 36개의 사다리꼴 Slot을 생성하였다.



Fig. 1 Output Comparison by Drive units

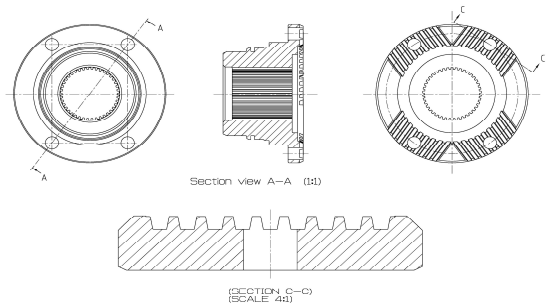


Fig. 2 Tank engine clutch female flange 2D drawing

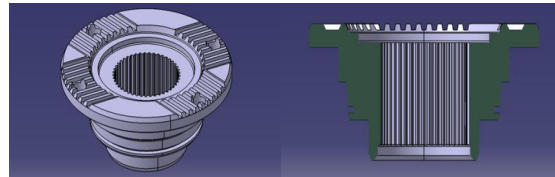


Fig. 3 Tank engine clutch female flange 3D shape

집중응력이 발생할 경우 플랜지가 쉽게 파손될 우려가 있기 때문에 사다리꼴 구배 각을 10° 만큼 주어 응력집중에 의한 피해가 완화되도록 설계를 진행하였다.

전차용 엔진클러치는 높은 동력을 전달하여야하기 때문에 강도와 경도가 높은 재료로 선정하여야한다. 또한 탈부착 운동이 일어나기 때문에 어느 정도의 충격 흡수가 가능한 재질선정이 필요하다.

이를 고려하여 전차용 엔진클러치 암플랜지의 소재는 SNCM439재질로 선정하였다. SNCM439 소재는 높은 강도, 경도를 띠며 충격 흡수에도 효과적인 재질^[9]이다. Table 1에는 SNCM439의 화학적 조성, Table 2에는 기계적 특성을 나타내었다.

설계된 3D 형상을 토대로 견딜 수 있는 하중을 도출하기 위해 구조해석을 진행하였다. 구조해석은 ANSYS 프로그램을 사용하였다. 구조해석에 앞서 원활한 구조해석을 위해서 Fig. 4과 같이 스플라인 축과 연결되는 부위를 설계 단순화 하는 작업을 진행하였다.

Table 1 Chemical composition of SNCM439

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SNCM439	0.36 ~0.43	0.15 ~0.35	0.6 ~0.9	0.03 (max)	0.03 (max)	1.6 ~2.0	0.6 ~1.0	0.15 ~0.3

Table 2 Mechanical properties of SNCM439

SNCM439	
Yield strength(MPa)	882(Min.)
Tensile strength(MPa)	980(Min.)
Young's Modulus(GPa)	205
Poisson's ratio(ν)	0.3

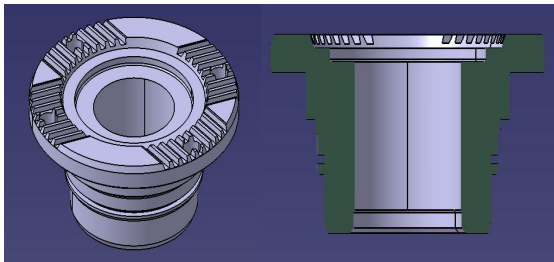


Fig. 4 Simplified tank engine clutch female flange 3D shape

Table 3 Information of mesh grid generate

3D Mesh grid information	
Mesh shape type	Tetrahedron
Node type	Add mid-side node
Number of mesh elements	747794
Number of mesh nodes	1132487

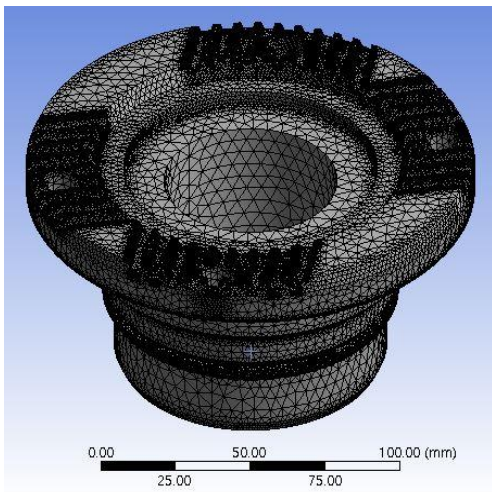


Fig. 5 Generated mesh grid appearance

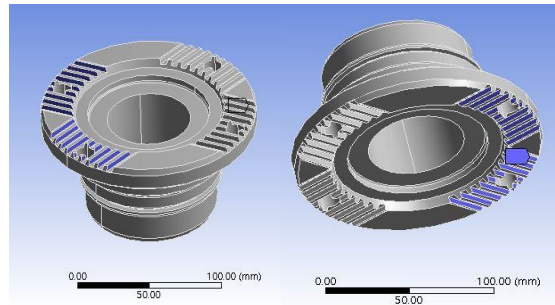


Fig. 6 Fixed support for structural analysis

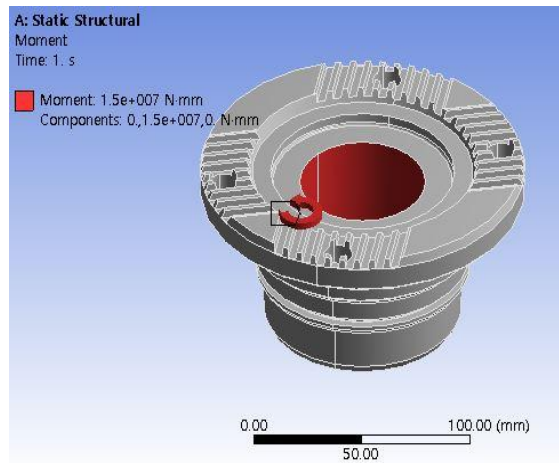


Fig. 7 Torque condition for structural analysis

단순화 시킨 3D형상을 ANSYS 프로그램에 불러온 뒤 Table 2에 나와있는 SNCM439의 기계적 물성치를 적용시킨 뒤 Fig. 5와 같이 3D 메쉬격자를 생성하였다.

Table 3은 메쉬 격자 구조에 대한 정보이며, Tetrahedron 형상 메쉬 격자에 엘리먼트 중간에 mid-side node를 추가하여 메쉬 격자를 생성하였다. 생성된 메쉬 엘리먼트는 747794개, 메쉬 노드는 1132487개가 생성되었으며, 생성된 메쉬 격자의 모습은 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 6와 Fig. 7에는 구조해석을 위한 구속조건과 하중조건을 나타내었다. Fig. 6에 보이듯 힘을 전달하는 위치를 고정점으로 형성하고 스플라인 축으로부터 하중이 전달되는 부위에 회전력을 주어 해석을 진행하였다. 회전력은 500 Nm 씩 증가시키면서 안전계수, Von-mises 응력, 탄성 변형률을 도출하였다.

Table 4 Structural analysis results data

Moment Magnitude [N*m]	Safety Factor Minimum	Total Deformation Maximum [mm]	Equivalent Stress Maximum [Mpa]
15000	0.74160	0.03861	1189.32317
14500	0.76717	0.03732	1149.67906
14000	0.79457	0.03603	1110.03498
13500	0.82400	0.03475	1070.39085
13000	0.85569	0.03346	1030.74674
12500	0.88992	0.03217	991.10264
12000	0.92700	0.03089	951.45854
11500	0.96730	0.02960	911.81443
11000	1.01127	0.02831	872.17033
10500	1.05943	0.02703	832.52622
10000	1.11240	0.02574	792.88212
9500	1.17094	0.02445	753.23801
9000	1.23600	0.02316	713.59390
8500	1.30870	0.02188	673.94980
8000	1.39050	0.02059	634.30569
7500	1.48320	0.01930	594.66158
7000	1.58914	0.01802	555.01749
6500	1.71138	0.01673	515.37337
6000	1.85400	0.01544	475.72927
5500	2.02254	0.01416	436.08517
5000	2.22479	0.01287	396.44106
4500	2.47199	0.01158	356.79695
4000	2.78099	0.01030	317.15285
3500	3.17828	0.00901	277.50875
3000	3.70799	0.00772	237.86463
2500	4.44959	0.00643	198.22053
2000	5.56199	0.00515	158.57642
1500	7.41598	0.00386	118.93232
1000	11.12397	0.00257	79.28821
900	12.35997	0.00232	71.35939
800	13.90497	0.00206	63.43057
700	15	0.00180	55.50175
600	15	0.00154	47.57293
500	15	0.00129	39.64411

3. 실험결과 및 고찰

Ansys 프로그램을 이용하여 3D 형상에 메쉬 격자를

생성한 뒤 구속조건을 주고 회전력의 변화를 통해 안전 계수, Total deformation, Von-mises 응력을 도출하였다. Table 4는 해석결과 데이터이며, Fig. 8 ~ Fig. 10에 회전력의 변화에 따른 항목별 데이터 변화를 그래프화 하여 나타내었다.

Fig. 8은 회전력의 증가에 따른 안전계수의 변화를 나타낸 그래프이다. Table 4의 데이터와 비교하여 보면 회전력이 800 Nm에서 안전계수의 변화가 나타나기 시작했으며, 11000 Nm의 회전력이 발생하였을 때 안전 계수가 약 1이 나타나는 것을 확인했다.

Fig. 9는 회전력의 증가에 따른 Total deformation을 나타낸 그래프로 회전력이 증가할수록 선형적으로 Total deformation이 증가하는 것을 확인하였다.

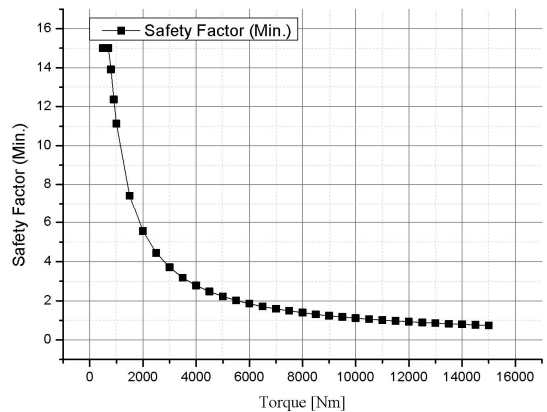


Fig. 8 Torque - Safety factor graph

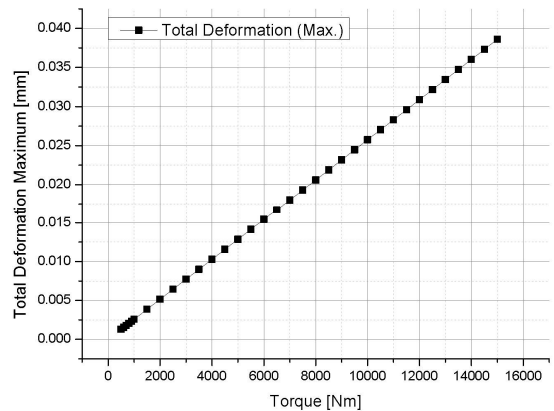


Fig. 9 Torque - Total deformation graph

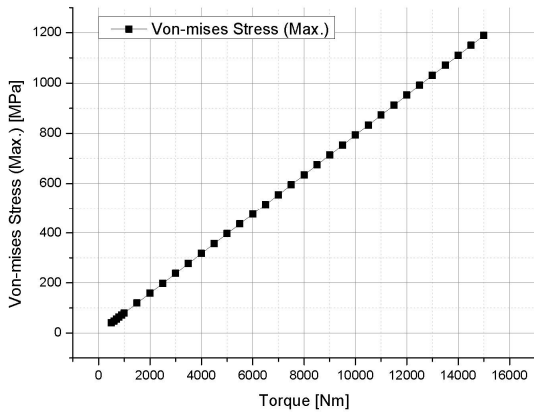
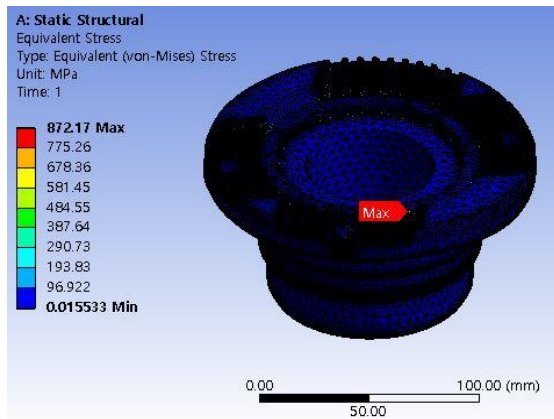
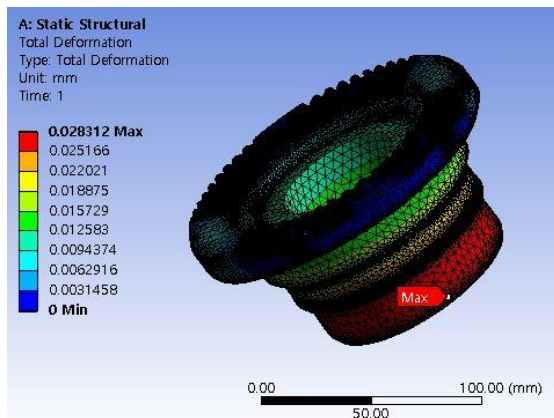


Fig. 10 Torque - Von-mises stress graph



(a) Von-mises stress analysis results



(b) Total deformation analysis results

Fig. 11 Structural analysis results using ANSYS program

Fig. 10은 회전력의 증가에 따른 Von-mises 응력 변화를 나타낸 그래프로 회전력이 증가할수록 선형적으로 응력이 증가함을 확인하였다. Fig. 11은 안전계수가 약 1이 도출되었을 때의 해석 결과 모습을 나타내었다. 회전력은 11000 [Nm], Total deformation은 0.02831 [mm], Von-mises 응력은 872.17033 [MPa]로 나타났다.

Fig. 11 (a)을 보면 최대 변형 위치는 스플라인 축으로 동력을 전달받는 위치 외면에 나타났으며, Fig. 11 (b)를 보면 최대 응력 발생 위치는 플랜지 사다리꼴 홈의 하부에서 나타남을 확인하였다.

설계와 검증을 완료한 전차용 엔진클러치 암플랜지의 최종적인 확인을 위하여 시제품 가공을 진행하였다. Fig. 12와 Fig. 13은 SNCM439소재를 이용하여 CNC, MCT 가공을 진행하는 모습이다. 가공은 SNCM439 소재를 가지고 CNC선반을 통해 선삭, 정삭가공을 한 뒤, MCT를 통하여 Hole, Slot가공을 진행하여 제품을 만들었다.

전차용 엔진클러치 암플랜지의 생산성을 파악하기 위해 절삭가공 작업시간을 측정하였다. 선삭가공(CNC선반)에서 40분, 정삭가공(CNC선반)에서 20분, MCT Hole 가공에서 12분, MCT Slot 가공에서 72분으로 측정되었으며, 절삭가공 작업시간이 총 144분으로 측정되었다.

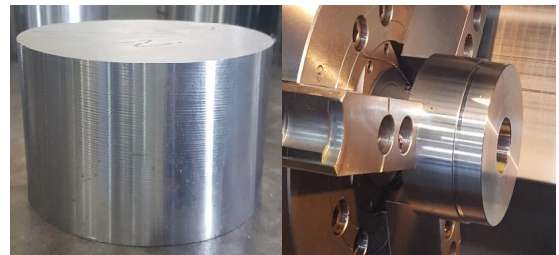


Fig. 12 SNCM439 material and CNC processing



Fig. 13 MCT processing

4. 결 론

본 연구는 고동력 전달이 가능한 SNCM439 재질의 전차용 엔진클러치 암플랜지 개발을 목적으로 연구를 진행하였다. 2D, 3D 설계를 하고, 3D형상에 매쉬격자를 생성하고 구조해석을 진행하였다. 해석 데이터를 확인한 뒤 최종적으로 실제 가공을 진행하여 시제품을 가공하였으며, 가공시간을 측정하였다.

1. 고동력 전달이 가능한 SNCM439 재질의 전차용 엔진클러치 암플랜지 개발을 위해 AutoCAD 프로그램으로 2D 설계, CATIA 프로그램으로 3D 형상 설계를 진행하였다.
2. 해석을 위해 3D 형상을 단순화 시킨 뒤, 매쉬 격자를 생성하였다. 매쉬 격자는 Tetrahedron 형상이고, mid-side node를 추가하여 생성하였다. 엘리먼트는 747794개, 매쉬 노드는 1132487개가 생성되었다.
3. 해석은 ANSYS 프로그램을 사용하여 구조해석을 진행하였다. SNCM439의 기계적 물성치를 입력시키고, 구속조건을 입력한 뒤 회전력 증가에 따른 안전계수, Total deformation, Von-mises 응력의 변화를 파악하였다. 회전력이 800 [Nm] 일 때 안전계수의 변화가 나타나기 시작하였으며, 회전력이 11000 [Nm] 일 때 안전계수가 약 1로 나타났다. 이때 Total deformation은 0.02831 [mm], Von-mises 응력은 872.17033 [MPa]로 나타났다.
4. 전차용 엔진클러치 암플랜지를 최종적인 확인을 위하여 시제품 가공을 진행하였다. 시제품을 가공할 때 제품의 생산성을 파악하기 위해 절삭가공 작업시간을 측정하였다. 절삭가공 작업시간이 총 144분으로 측정되었으며, 그 중 MCT Slot 가공에서 72분이 소요되는 것으로 나타났다. MCT Slot 가공에서 많은 시간이 소요되기 때문에 생산성 향상을 위한 연구가 필요할 것으로 보인다.

후 기

이 과제는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음

REFERENCES

1. Jeon, B. J., Jung, Y. H. and Park, T. G., "Improvement of Quality of Bulletproof Steel Welding Wires for Combat Vehicles Through Localization", Journal of the Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 22, No. 4, pp. 774-779, 2020.
2. Shin, C. H., Kang, T. W., Kim, S. J. and Na, C. J., "Design Technique for Durability Improvement of Military Vehicle Wheel", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 11, pp. 521-528, 2018.
3. Kim, G. I., Cho, M. H. and Koo, M. H., "Minimum Weight Design Method for Infantry Fighting Vehicles Hull using Thick Composite Laminate", Journal of the KIMST, Vol. 4, No. 2, pp. 9-16, 2001.
4. Seong, S. M. and Kim, S. D., "A Study on the Water Jet Cardan Shaft Failure Analysis of Wheeled Armored Vehicle", Journal of the Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 22, No. 5, pp. 984-988, 2020.
5. Nam, Y. W., Kim, B. H., Kim, Y. S., Lee, S. J., Kim, Y. S. and Park, Y. M., "A Study on the Durability Improvement of the Universal Joint for the Combat Vehicle", Journal of the Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 22, No. 5, pp. 946-952, 2020.
6. Park, D. M., Kawk, D. H. and Jang, J. W., "A Study on the Coolant leaks Prevention Design of Heaters for Combat Vehicles", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 21, No. 10, pp. 379-385, 2020.
7. Ryu, N. H., Kwon, K. H., Kim, G. I., Kim, H. S., Lee, T. H. and Min, S. J., "Design Optimization of Wheeled Military Vehicle to Minimize Elevation and Azimuth Error of Gun Barrel", Transactions of Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 27, No. 4, pp. 245-251, 2019.

8. Seo, Y. S., "A Study on the Alternative Materials for Shaft of Windlass", A Thesis for a Master's degree, Dong-A University Graduate School of Industry and Information, Republic of Korea, 2019.
9. Nam, K. S., Hyun, Y. K., Jo, C. Y. and Cho, Y. J., "Mass Effect on the Heat Treated Mechanical Properties of SCM440(H) and SNCM439 Steel", Journal of the Korean Society for Heat Treatment, Vol. 24, No. 1, pp. 10-15, 2011.