

다단 성형 파인 블랭킹을 적용한 리클라이너의 신뢰성 평가 Reliability evaluation of recliner by multi moulding Fineblanking

이관영 · 남기우 · 문창권
K. Y. Lee, K. W. Nam and C. K. Moon

(접수일 : 2011년 04월 19일, 수정일 : 2011년 07월 29일, 채택확정 : 2011년 08월 11일)

Key Words : Multi Moulding(다단 성형), Fineblanking(파인블랭킹), Recliner(리클라이너)

Abstract : This study was carried out the experimental and the analysis for process of carburizing and quenching, evaluated the reliability of mock-up. Carburizing of corner of rock gear was higher than body regardless of condition of eight processes, and the end of gear tooth was more highly distributed than root. Hardness of surface shows the maximum value and was decreased linear to depth direction. The result of analysis wasn't nearly the heat deformation. In mock-up, tooth flank increased 0.096 %, thickness of tooth decreased 0.11 % and body increased 0.11 %. It had no trouble with assembly and operation like this. The mock-up of recliner for automobile was secured stability by four types of test.

1. 서 론

각 종 차량은 시트 구조물 관련 승객의 편안한 승차감과 더불어 안전과 관련 안전도를 높이는 것이 중요하다^(1,2). 시트 구조물의 안전성 평가를 위해서 정적⁽³⁾, 동적 해석^(4,5)을 통한 많은 연구가 수행되었다. 시트 구조물⁽⁶⁾ 중 리클라이너의 모든 부품은 파인블랭킹 공법으로 성형한 후, 각 부품 특성에 알맞은 열처리를 통하여 표면을 경화시켜 사용한다. 해석과 실험의 비교 대상으로 선택한 록 기어(lock gear)는 모두 SNCM220 재료로 제조하나 두께가 서로 다른 소재를 사용하며, 파인블랭킹 성형 후 침탄열처리를 통하여 내마모성과 강도를 증대시킨다⁽⁷⁾. 다단 성형 파인블랭킹은 한 번의 공정에서 필요한 성형품을 다단으로 가공하면서 정밀한 전단면과 기계 가공이 필요 없는 양호한 정밀도를 얻는 프레스 가공 공정이다. 특징은 2단 및 3단의 복잡한 형태의 성형이 가능하고, 고정밀 치형 성형 및 평면도를 얻을 수 있다. 또한 제품의 안정적 이송, 성형품의 자동 추출 및 소재 이송 시 상하 다이의 정밀한 안착이 가능하다.

따라서 본 연구에서는 리클라이너 부품인 록 기어

를 대상으로 열처리 공정변수를 변화시켜 유한요소 해석을 수행하여, 그 결과를 실험과 비교·분석하였다. 그리고 해석과 실험에 의한 분석 자료에 의해 구조, 내구 및 강성을 검증하기 위하여 다단 리클라이너의 시제품을 생산 후 정하중 시험, 낙중 시험 및 충격 시험을 수행하였으며, 내구 시험을 수행하여 다단 리클라이너의 신뢰성 평가를 실시하였다.

2. 열 변형 해석 및 신뢰성 시험

2.1 소재의 열처리

유한요소해석의 기계적 특성을 확보하기 위해서 Fig. 1과 같은 공정으로 SNCM220이 열처리를 실시하였다. 담금질 공정은 가열, 침탄, 냉각 공정으로 세분화할 수 있다. 담금질 공정 중 침탄로 내에서 탄소

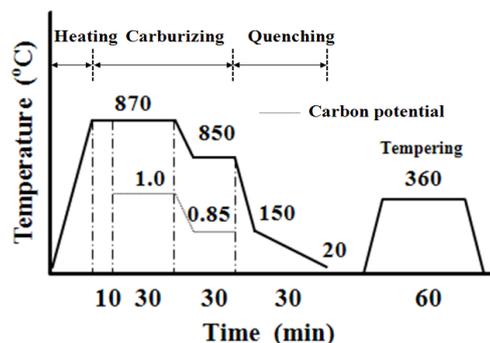


Fig. 1 The condition of heat treatment

남기우(교신저자) : 부경대학교 신소재공학부
E-mail : namkw@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6358
이관영 : 부경대학교 대학원 학연협동기계공학과
문창권 : 부경대학교 신소재공학부

Table 1 Mechanical properties of SNCM220

Heat treatment	Young's modulus (GPa)	Yield stress (MPa)	Ultimate tensile strength (MPa)	Stiffness coefficient (MPa)	Strain hardening exponent	Elongation (%)
Before	207	326.6	559	771	0.149	23.7
After	207	1168	1280	1625	0.065	3.0

의 침탄 및 확산은 70분 동안 일어나며, 이때 침탄로 내 탄소 포텐셜(Carbon potential)은 870 °C에서 30분 동안 1.0 wt.%, 850 °C에서 30분 동안 0.85 wt.%로 유지하였다. 침탄 열처리한 SNCM220 4.0 t의 재료 물성은 Table 1과 같다.

2.2 록 기어의 유한요소 모델링

실제 록 기어의 형상은 Fig. 2와 같으며, 가로 세로 길이가 각각 30 mm를 넘지 않고 두께가 4 mm인 작은 부품이다. 두께방향(z 축)의 대칭성을 고려하여 Fig. 3과 같은 1/2 모델을 유한요소해석에 사용하였다. 치형 부분은 형상이 복잡하고 열처리 해석 후 가장 관심 있게 관찰해야 하는 부분이므로 다른 부분에 비해 요소를 조밀하게 하였다. 한편, 두께방향으로는 간격이 균일하지 않으며, 경화 두께 분포를 알아보기 위하여 표면 쪽을 더 조밀하게 나누었다. 모델은 전체 22,956개의 절점과 27,951개의 육면체 요소로 구성되어 있으며, 상용 코드 ABAQUS/Explicit

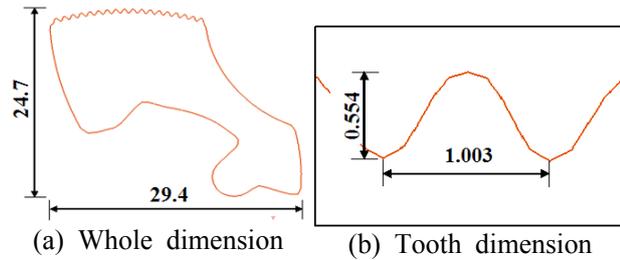


Fig. 2 Geometry of a lock gear

를 사용하여 해석하였다. Table 1에 나타내는 물성을 해석에 사용하였으며, 접촉 조건은 Colomb 마찰계수 0.15를 사용하였다.

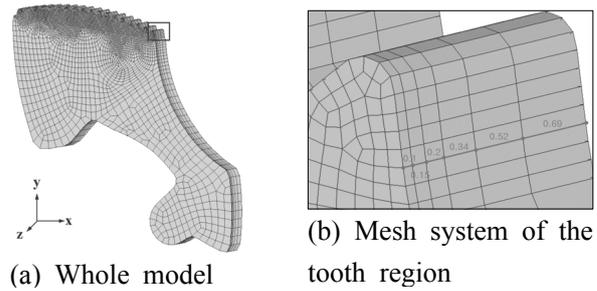


Fig. 3 Finite element model of lock gear

2.3 열처리 조건 해석

최적의 열처리 조건 선정하기 위하여 8종류를 설정하여 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 인자의 수가 많을 경우에 인자의 주 효과와 2인자 교호 작용을 검출하고, 해석을 간단하게 할 수 있도록 만들어 놓은 것이다. 여러 가지 직교 배열표 중에서 Table 2는 인자를 최대 8개까지 배치하여 분석할 수 있는 것으로, 변수 연구에 가장 적합한 것이다. 본 연구에서는 경도값의 분포가 가장 높은 경우를 최적으로 간주하였으나, 실제 열처리에서는 재료의 조직이나 인성 등을 고려할 때 경도만으로 최적조건을 결정하는 것은 문제가 될 수도 있다. 일반적으로 경도는 탄소량에 비례하여 나타나지만 탄화물이나 잔류오스테나이트 등 실제 열처리에서는 문제

Table 2 The eight types of process parameters

Trial Processes	Temp.-1(°C)	Temp.-2(°C)	C.P.-1(wt.%)	C.P.-2(wt.%)	Time-1(min)	Time-2(min)
Proc.1	850	800	1.0	0.80	30	20
Proc.2	850	800	1.0	0.85	40	30
Proc.3	850	850	1.1	0.80	30	30
Proc.4	850	850	1.1	0.85	40	20
Proc.5	870	800	1.1	0.80	40	30
Proc.6	870	800	1.1	0.85	30	20
Proc.7	870	850	1.0	0.80	40	20
Proc.8	870	850	1.0	0.85	30	30

가 생길 수 있기 때문이다. Table 2에서 Temp.-1과 Temp.-2는 각각 Fig. 1에서 침탄(Carburizing)과 퀴칭(Quenching) 할 때의 온도를 나타내고, C.P-1과 C.P-2는 침탄(Carburizing)과 퀴칭(Quenching)시의 탄소 포텐셜(Carbon potential; C.P)을 나타낸다. 또한 Time-1과 Time-2는 그때의 시간을 나타낸다.

2.4 시작품의 신뢰성 시험

정하중 시험은 Fig. 4에 나타내는 것과 같이 리클라이너 힌지 포인트(hinge point) 기준 250 mm 지점에서 파단시 까지 하중을 가한다. 실험은 좌우에서 전후방으로 4곳에서 실시하였다. 이 때, 2940 N까지 잠금 해제(lock off), 기어, 리클라이너 본체 및 암 (arm) 파단이 없어야 한다.

낙중 시험은 200 mm 높이에서 전, 후방 343 N의 추를 자유 낙하 할 때, 잠금 해제(Lock off), 튼니 파손 및 각 부품의 파괴가 없어야 한다. 리클라이너의 동적 강도 평가를 위하여 Fig. 5와 같이 무게 343 N의 추를 높이 200 mm, 400 mm, 500 mm 높이에서 리클라이너에 연결된 강체 바(Rigid bar)에 자유낙하시켰다. 시험의 목적은 200 mm 높이의 조건을 견디면 구조적으로 안전하다고 판단하였으며, 더욱 가혹한 시험에서 견디는지 알아보기 위하여 400 mm와 500 mm 높이의 낙중 시험도 실시하였다.

리클라이너의 충격 특성을 평가하기 위하여 Fig. 6(a)와 같이 무게 441 N의 추를 2000 mm 거리에서 90°들어 올린 후, 리클라이너의 힌지 포인트(hinge point)에서 270 mm 떨어진 부분에 충격을 가한다. 이 때 충격 시험은 Fig. 6(b)와 같이 리클라이너의 좌, 우에서 각각 실시하였다. 리클라이너는 충격을 가한 후 잠금 해제, 튼니 파손 및 각 부품의 파괴가 없어야 한다.

다단 리클라이너와 조립품을 시트에 장착하여 다단 리클라이너 모듈에 대한 작동 내구 시험을 실시하였다. 내구 시험의 개략도를 Fig. 7에 나타내며, 다음과 같은 순서로 진행하였다.

① 최전방 상태에서 좌석을 후방으로 작동하고 제 1단 고정 위치에 스스로 고정시킨다. ② 고정을 해제하고, 그 위치에서 최후방 위치 상태까지 이르게 한 다음 스스로 회복시킨다. ③ 고정을 해제하고 좌석을 최전방 상태까지 스스로 회복시킨다. ④ ①~③의 과정을 1회로 5,000회 반복한다.

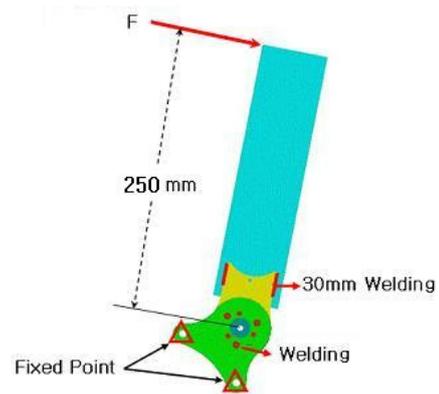


Fig. 4 Diagram of static test for recliner

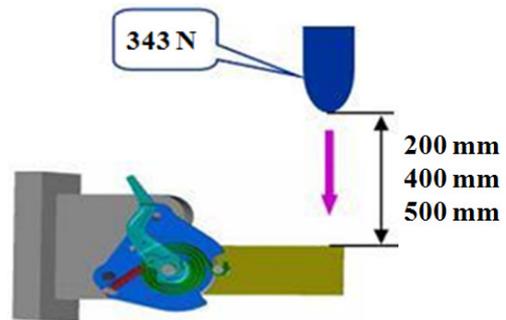


Fig. 5 Diagram of drop test for recliner

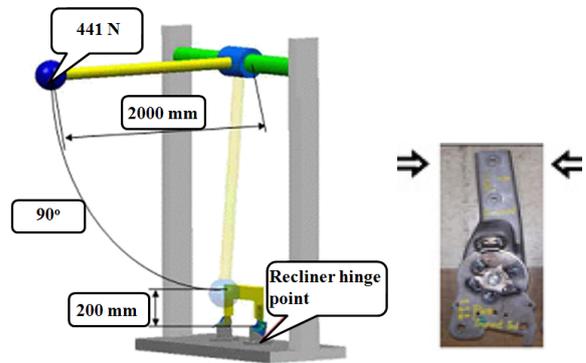


Fig. 6 Diagram of impact test for recliner

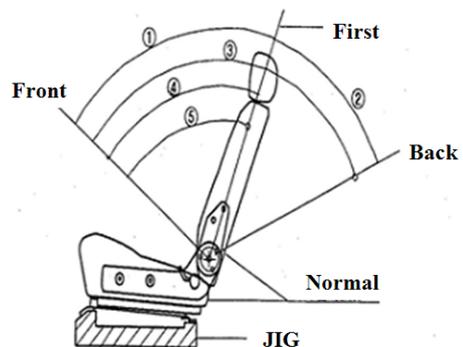


Fig. 7 Diagram of durability test for recliner assembly

3. 결과 및 고찰

3.1 열처리 해석 조건에 따르는 경도

열처리 해석 조건에 따른 경도 특성을 Fig. 8(a), (b)에 나타낸다. Fig. 8은 8가지 조건에 대하여 치형 부 근처에서 깊이 방향으로의 탄소량 분포를 나타낸 것으로, 구별을 쉽게 하기 위하여 2개의 그래프에 나누어 표시하였다. Fig. 8에서 침탄량은 조건에 관계없이 모두 록 기어의 몸통 부분보다 모서리 부분에서 높게 나타났으며, 기어 치형의 뿌리쪽보다 끝단에 더 높게 분포하였다. 탄소량의 차이가 크진 않지만, 표면과 내부가 교차되는 양상을 보였다. 표면에서는 Proc.2가 가장 높게 나타났지만, 0.1 mm 이상 깊이방향으로 갈수록 Proc.5가 높게 나타났다.

Fig. 9는 대표적으로 표면의 경도 분포 중 가장 낮은 것 (a) Proc.1과 높은 것 (b) Proc.5를 비교하였다. 전체적으로 탄소량이 높게 분포되었던 Proc.5가 표면과 두께방향으로 모두 높은 경도를 나타내었다. 탄소량이 높을수록 마르텐사이트의 경도가 높게 나타나지만 일반적으로 잔류 오스테나이트도 많이 생기게 되므로 적절한 침탄 깊이만 만족한다면 탄소량 차이는 크게 문제되지 않을 것으로 판단된다.

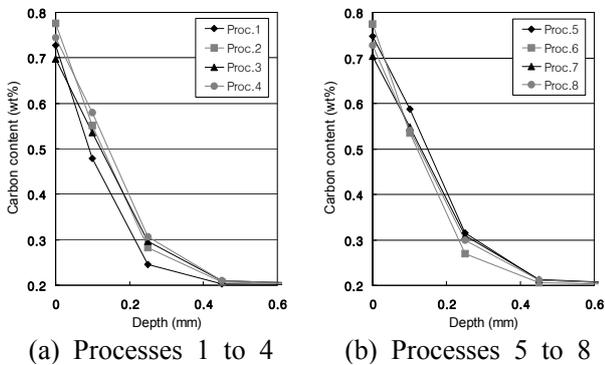


Fig. 8 Distribution of carbon content in thickness direction

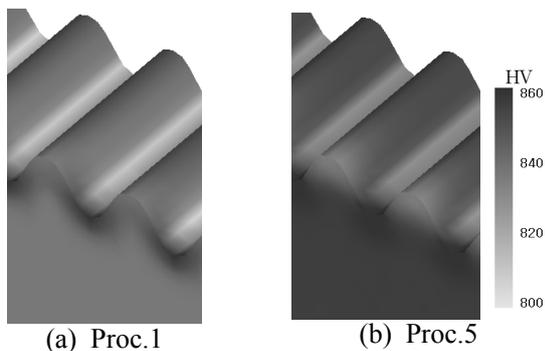


Fig. 9 Distribution of hardness

Fig. 10은 치형 부분 근처에서 두께 방향으로 해석한 경도와 실제 측정된 경도값을 비교한 그래프이다. 역시 구별을 쉽게 하기 위하여 2개의 그래프로 나누어 표시하였다. 해석 결과는 전반적으로 표면에서 최대값을 나타내며, 깊이방향으로 선형적인 감소경향을 보였다. 그러나 측정값의 경우 표면보다는 0.1 mm 깊이에서 최대값을 나타내었다. 이러한 현상은 침탄 처리한 것에서 일반적으로 나타나는 것이나, 해석에서는 0.1 mm 깊이에서의 경도를 계산할 수 있을 만큼 조밀한 요소를 사용하지 않았기 때문에 이러한 현상을 구현할 수 없었다. 대체로 해석 결과가 측정값보다 높은 경도를 나타내었으며, 실험 조건과 동일한 조건인 Fig. 10 Proc.8의 경우, 해석 결과는 측정값보다 약 100 정도 높게 나타났다. 실제 록 기어 부품은 섹터기어와 맞물리는 치형 중간 부분과 뿌리쪽 부분의 내마모성이 가장 중요할 것으로 판단된다. 따라서 치형 중간 및 치형 뿌리쪽 경도를 대상으로 Table 3과 4에 분산분석(ANOVA) 표를 작성하여 인자를 분석하였다. 여기서 SS(sum of squares), DOF(degree of freedom), MS(mean of squares), F-test는 각각 변동(또는 제곱합), 자유도, 제곱평균, F-검정을 의미하며, F-검정 값은 클수록 높은 유의 수준을 의미한다. F-검정 결과 경도에 가장 큰 영향을 주는 인자는 C.P.-2, Time-1, C.P.-1, Temp.-2 순으로 나타났으며, 최적의 조건은 Temp.-1 870 °C, Temp.-2 800 °C, C.P.-1 1.1 wt %, C.P.-2 0.85 wt %, Time-1 40 min 및 Time-2 30 min이다. 이 조건은 Table 2의 8가지 해석 조건에 포함되지 않으므로 해석을 수행하여 Fig. 11에 그 결과를 나타내었다. 표면과 내부 모든 부분에서 경도값이 높게 나타난다는 것을 알 수 있다.

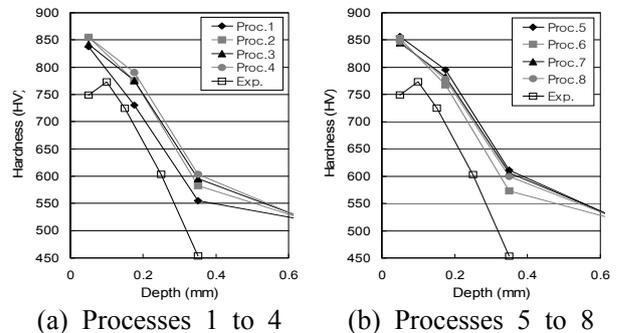


Fig. 10 Distribution of hardness in thickness direction

Table 3 ANOVA table for the hardness in the middle of a tooth

	SS	DOF	MS	F-test
Temp.-1	8.000	1	8.000	44.444
Temp.-2	18.000	1	18.000	100.000
C.P.-1	22.445	1	22.445	124.694
C.P.-2	83.205	1	83.205	462.250
Time-1	42.230	1	42.230	235.111
Time-2	1.805	1	1.805	10.028
Error	0.180	1	0.180	.
Total	175.955	7	.	.

Table 4 ANOVA table for the hardness at the root of a tooth

	SS	DOF	MS	F-test
Temp.-1	2.000	1	2.000	4.938
Temp.-2	6.480	1	6.480	16.000
C.P.-1	6.845	1	6.845	16.901
C.P.-2	15.680	1	15.680	38.716
Time-1	15.125	1	15.125	37.346
Time-2	0.980	1	0.980	2.420
Error	0.405	1	0.405	.
Total	47.515	7	.	.

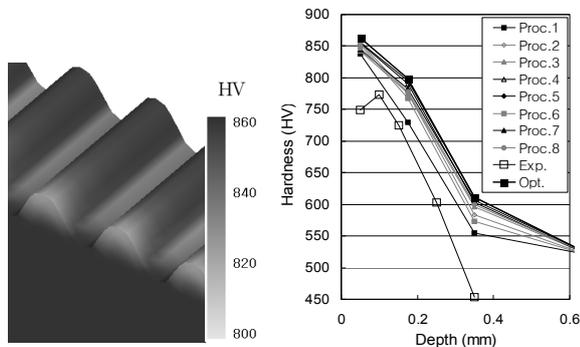


Fig. 11 Distribution of hardness in the optimum process condition

Fig. 12는 전체 공정 동안의 체적 변화를 나타낸 것이다. 가열공정에서 2.82 %의 증가와 담금질 공정에서 2.30 % (초기체적 대비 2.43 %)의 감소가 일어나 전체 공정 동안의 체적은 0.52 % 증가한 것으로 나타났다. 체적의 변화와 더불어 치형의 치수 변화를 보면 이뿌리면 치수는 전체 공정 동안에 0.096 % (0.0007 mm) 증가가 일어났으며, 치형부 두께는 0.11 % (0.0044 mm) 감소하였으나, 몸통부는 0.11 %

(0.0044 mm) 증가하였다. 이는 측정 가능한 정밀도 범위를 벗어나는 수준이므로 치수 변화량은 무시할 수 있는 정도라고 판단된다. 해석결과로 열변형량이 거의 없는 것으로 나타났지만, 실제 제품은 3차원 형상이라 프로파일 프로젝트 같은 장비로 정밀 측정하는데 어려움이 있다. 하지만 실제 제품을 조립하고 작동할 때 문제가 없는 것으로 확인되어 열변형량은 무시할 수 있는 수준인 것으로 판단된다.

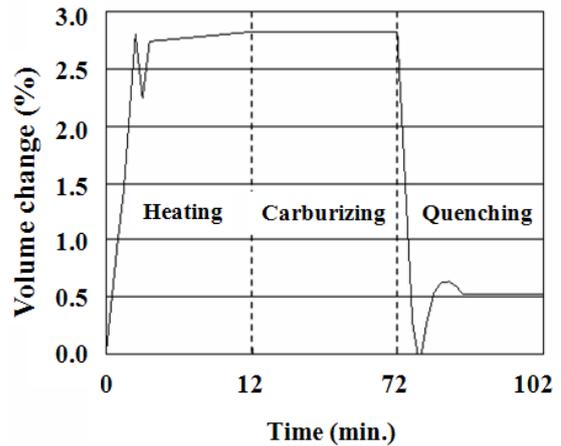


Fig. 12 Volume change in heat treatment process

이상으로 칩탄 및 담금질 공정에 대하여 실험과 해석을 비교·분석하였다. 그러나 실제 제품은 담금질 후 뜨임 공정을 통하여 경화된 강의 취성을 줄이고 인성을 높여서 사용한다. 향후 뜨임 공정에 대한 상 변화 및 각 상에 대한 물성치가 확보되면 완전한 칩탄열처리 공정의 유한요소해석 및 완제품과의 비교·분석도 가능할 것으로 판단된다.

3.2 성형/열처리 후 부품 형상 및 치수 평가

Fig. 13은 열처리 전후의 현상 변화를 나타낸 것이다. (a)는 초기 치형의 단면과 치수이며, (b)는 가열 공정 후, (c)는 담금질 공정 후 측정된 치수이다. 치형 단면은 전체 공정 동안에 0.036 % 감소가 일어났으나 이는 측정 가능한 정밀도 범위를 벗어나는 수준이므로 치수 변화량은 미소하다는 것을 알 수 있다.

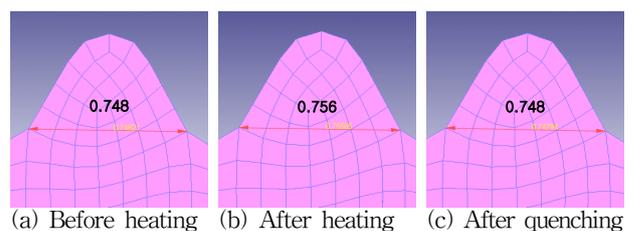


Fig. 13 Change in dimension of a tooth

Fig. 14는 퀘칭 후의 치수 변화를 나타낸 것이다. (a)는 담금질 공정 후 치형의 두께를 측정된 것으로 치형 끝부분에서는 0.11 % 두께 감소가 생겼으나, 기어의 몸통부인 (b)의 경우는 치형 부분에서 멀어질수록 0.105 % 두께 증가가 일어났다.

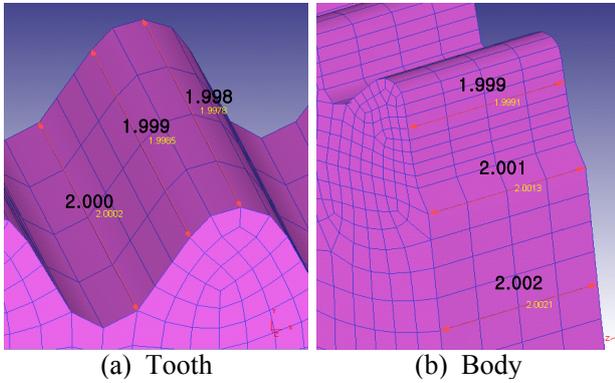


Fig. 14 Change in dimension after quenching process

Fig. 15는 열처리 전과 후의 치형부의 전단면을 공구현미경을 이용하여 찍은 사진을 조합한 것이다. 오른쪽의 유한요소해석 결과와 유사하게 표면에 침탄층이 생긴 것을 확인할 수 있었다.

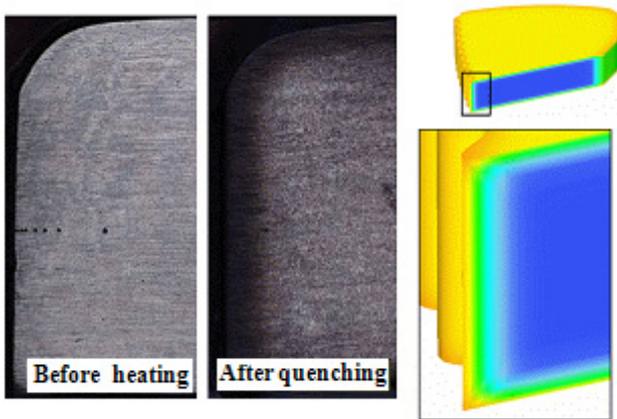


Fig. 15 Creation of carburized layer

3.3 열처리 후 표면 경도

Fig. 16은 열처리 검사 성적서의 3가지 담금질공정의 경우에 대하여 열처리 해석을 한 후의 표면경도의 분포를 나타낸 것이다. 이 그림에서 치형부는 오히려 경도가 낮게 나타났음을 확인할 수 있다. Fig. 17은 앞의 3 가지 해석과 실험으로부터 얻은 경도 분포를 표면으로부터 깊이 방향으로 비교한 그래프이다. 전체적으로 해석이 실험보다 높게 나타났으며, 그 차이는 주로 정확한 열해석 관련 물성치의 미비에 기인하는 것으로 판단된다.

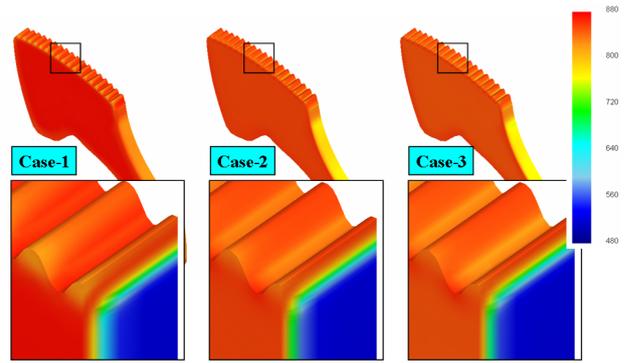


Fig. 16 Distribution of hardness

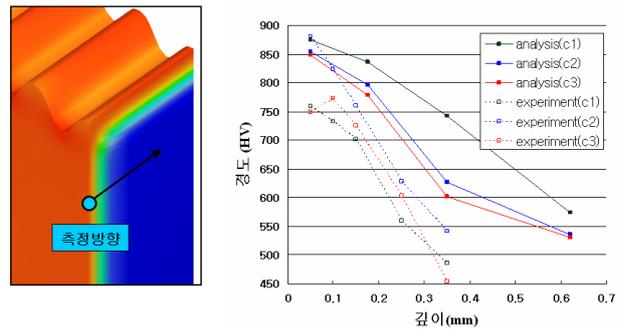


Fig. 17 Distribution of hardness in three case conditions

3.4 시제품의 신뢰성 평가

정적 시험에서 Holder Guide embossment는 Fig. 18(a)에 원형으로 나타내듯이 전, 후방 동일하게 강도 값에 상관없이 가이드 Embossment가 밀리는 현상이 발생하였으나, 최소 강성은 기준인 2,940 N을 만족하는 결과를 얻었다. $\Phi 14.5$ 용접부 크기로 3개 용접된 Embossment는 Fig. 18(b)에 나타내듯이 2,940 N에서 용접부에 파단이 발생하지 않았으며, 최적의 조건에서 열처리한 Sector gear는 Fig. 19에 나타내듯이 2,940 N에서 톱니에 파단 및 변형 발생하지 않았다.

Table 5는 각각 5개씩 실시한 정하중 시험 결과를 나타낸다. 3종류 모두 최소 강성인 2,940 N을 초과하는 3,195 ~ 5,390 N을 나타내었다. 이것으로 구조물은 충분한 강성을 가진 것으로 판단하였다.

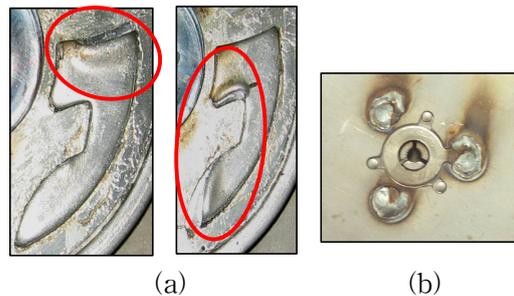


Fig. 18 Result of static test of guide embossment part



Fig. 19 Result of static test of sector gear part



Fig. 21 Results of impact test

Table 5 Results of static test of each part

Part	Measured value	Phenomena
Holder guide embossment	3,195 ~ 5,390 N	dent of holder guide
Embossment	3,195 ~ 5,390 N	n/a
Sector gear	3,195 ~ 5,390 N	n/a

무게 343 N을 높이 200 mm에서 낙중 시험한 결과는 파단 등 아무런 변형이 없으므로 리클라이너의 안전성은 충분히 확보되었다고 판단한다. 그러나 더욱 가혹한 조건인 높이 400 mm, 500 mm에서 낙하시킨 결과를 검토하기 위하여 실시하였다. Fig. 20은 500 mm의 높이에서 낙하한 낙중 시험의 결과를 나타낸다. 그림에서 암(arm) 및 본체는 파단 또는 변형이 전혀 발생하지 않았으며, 리클라이너의 원활한 작동을 확인할 수 있었다.



Fig. 20 Results of drop test at height of 500mm

441 N의 추를 2000 mm 거리에서 충격을 가하여 리클라이너의 안정성을 평가한 결과를 Fig. 21에 나타낸다. 이 그림에서 좌, 우에 충격을 가한 결과, 암 (arm), 본체 내측, 외측의 변형 및 Skipp'g 현상이 발생하지 않았음을 알 수 있었으며, 시험 후 리클라이너를 분해 한 결과 톱니는 이상이 없으며, 파단이 발생하지 않았음을 확인할 수가 있었다. 충격 하중 시험결과 좌, 우 모두 동적 하중에 안정적이라는 것을 확인할 수가 있었다.

다만 리클라이너와 조립 부품을 의자에 장착하여 내구 시험을 수행 하여, 그 결과를 Table 6에 나타낸다. 5000 cycle 시험 후, 모멘트 강도는 제품에 변형 및 잠금 해제 등 아무런 현상이 없었으며, 유격량은 0.56°로 구조물 안전성 조건을 만족하였다.

Table 6 Result of durability test

Item	Result	
Moment solidity	N/A deformation and lock off after test	
durability solidity	5,000 Cycle	clearance : 0.56 °

4. 결 론

본 연구에서는 리클라이너 부품인 록 기어를 대상으로 열처리 공정변수를 변화시켜 유한요소해석을 수행하고, 구조, 내구 및 강성을 검증하기 위하여 다단 리클라이너의 시제품을 생산 후 정하중 시험, 낙중 시험 및 충격 시험을 수행하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 칩탄량은 8가지 공정조건에 관계없이 모두 록 기어의 몸통 부분보다 모서리 부분에서 높게 나타났으며, 기어 치형의 뿌리쪽보다 끝단에 더 높게 분포하였다.

(2) 경도의 해석은 표면이 최대값을 나타내었으며, 깊이방향으로 선형적인 감소경향을 보였다. 측정값은 표면에서 0.1 mm 깊이에 최대값을 나타내었다.

(3) 해석결과로 열변형량이 거의 없는 것으로 나타났지만, 실제 제품은 이뿔리면 0.096 % 증가 하였으며, 치형부 두께는 0.11 % 감소하였으나, 몸통부는 0.11 % 증가하였다. 이것은 실제 제품을 조립하고 작동할 때 문제가 없는 것으로 확인되어 열변형량은 무시할 수 있는 수준인 것으로 판단된다.

(4) 상기와 같은 해석 결과에 의하여 자동차 의자에 사용되는 리클라이너 시제품을 제작하여 조립

부품의 안전성을 평가하였다. 정하중 시험, 낙중 시험, 충격 시험 및 내구 시험을 실시한 결과 4종류의 시험에서 기준 조건을 모두 만족하여 안정성이 확보 되는 구조물을 제작할 수 있었다.

참고 문헌

1. Glance, P., 1986, "Computer-Aided Engineering of Seat Structure", SAE Paper 861394, pp. 5396-5402.
2. Lee, S. G., 1998, "Design of Seat and Airbag of Automobile for Improvement of Passenger's Safety", Gangwon University, Master's thesis.
3. Jeong, Y. G., Lim, J. K. and Kim, H. J., 2004, "Safety Evaluation and Static Strength Analysis for Development of Recliner," Gangwon University, Researches of Industrial Technology Institute, Vol. 24(A).
4. Kim, H. Y and Lee, S. G., 1999, "Prediction of Impact Characteristics for Automobile Seat" The Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 7, No. 5, pp. 192-204.
5. Lee, H. Y., Lim, J. Y. and Beom, H. T., 1999, "The Finite Element Analysis of Car Seat Frame According to The FMVSS Strength Test", The Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 7, No. 5, pp. 241-247.
6. Choe, G. H., Song, B. R., Lee, W. I. and Shim, J. W., 1997, "A Study on the Development of a Lightweight Seat Frame Structure for Automotive Vehicles," Spring Conf. KSME, pp. 170-176.
7. Han, K. T., 1999, "A Study on the Forming of Parts for Automobile using Fine Blanking Process" J. Manufacturing Engineering & Technology, Vol. 8, pp. 56-61.